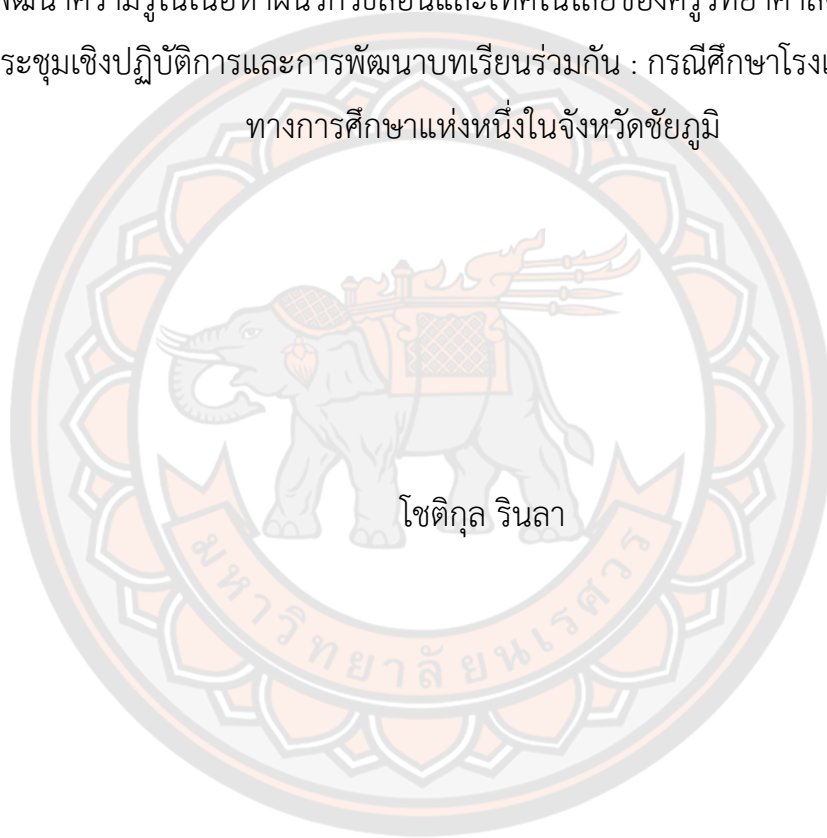




การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์โดยโปรแกรม
การประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาส
ทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ



โชติกุล รินลา

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์โดยโปรแกรม
การประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาส
ทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษาดุขฎิบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนครสวรรค์

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์โดย
โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาส
ทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ"

ของ โชติกุล รินลา

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุซงฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียา ชาปุ)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกุล)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครู วิทยาศาสตร์โดยโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนา บทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่ง หนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ
ผู้วิจัย	โชติกุล รินลา
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร
กรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ กศ.ด. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัย นเรศวร, 2564
คำสำคัญ	ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี, โปรแกรมการประชุม เชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน, ครูวิทยาศาสตร์ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น, โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงคุณภาพนี้เป็นการศึกษารายกรณี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน 2) ศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน โดยผู้ร่วมวิจัยคือครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 2 คน ประกอบด้วยครูวิชาและครูอารีย์ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบวัดความรู้ในเนื้อหา แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน และแบบบันทึกภาคสนาม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ภายในกรณี และขั้นที่ 2 วิเคราะห์ระหว่างกรณี แล้วจึงทำการสังเคราะห์เป็นข้อสรุปรวมทั้งตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยใช้เทคนิคแบบสามเส้า

ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูเน้นการสอนแบบบรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการสอน และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยครูวิชามีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่จำกัดส่งผลให้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีได้ไม่หลากหลาย และ

ครูอาเรียมีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่หลากหลายแต่ไม่นำมาใช้ในการปฏิบัติการสอน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูได้เรียนรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการวิเคราะห์หลักสูตร การศึกษางานวิจัย การปฏิบัติการทดลอง การใช้สื่อเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และการร่วมกันสะท้อนการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้ครูมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้โดยเปลี่ยนมุมมองจากการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อประกอบการสอนแบบบรรยายเป็นมุมมองการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน แต่อย่างไรก็ตามครูยังไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ประกอบด้วยการออกแบบบทเรียน การปฏิบัติการสอน การสังเกตการปฏิบัติการสอน การประเมินและสะท้อนบทเรียน การปรับปรุงบทเรียน รวมทั้งการปฏิบัติการสอนบทเรียนที่ปรับปรุงแล้ว ครูทั้ง 2 คน สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนโดยส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ โดยครูอาเรียมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่รวดเร็วกว่าครูวิณา ครูทั้ง 2 คน มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน กรณีครูวิณามักจะใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นสำรวจและค้นหา ส่วนครูอาเรียจะใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นสำรวจและค้นหา รวมทั้งใช้เทคโนโลยีตรวจสอบความรู้ของผู้เรียนในชั้นสร้างความสนใจและชั้นประเมิน

Title	DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE IN SCIENCE TEACHERS THROUGH WORKSHOP AND LESSON STUDY PROGRAM: CASE STUDY OF OPPORTUNITY EXPANSION SCHOOL IN CHAIYAPHUM
Author	CHOTIKUN RINLA
Advisor	Assistant Professor Thitiya Bongkotphet
Co-Advisor	Associate Professor Wipharat chuachud Chaiyasith
Academic Paper	Ed.D. Dissertation in Science Education - (Type 2.1), Naresuan University, 2021
Keywords	Technological Pedagogical Content knowledge, Workshop and lesson Study Program, Science Teacher, Opportunity Expansion School

ABSTRACT

This qualitative research was a case study that examined the teachers' perceptions of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) before participating in workshop and lesson study program and the development of their TPACK during participating in workshop and lesson study program. The participants of this study were two lower-secondary science teachers and the development of TPACK through workshop and lesson study by two lower-secondary science teachers consisted teacher Weena and teacher Aree from the Opportunity Expansion School in Chaiyaphum. Data were collected from teacher interviews, concept tests, lesson plans, classroom observations, teaching practice reflection, and field notes. Data were analyzed through content analysis in two steps, within-case and cross-case analysis, then synthesized into a summary. Methodological triangulation was used to ensure the credibility of the research.

The results revealed that, before joining the workshop and lesson study program, most teachers focused on lectures using PowerPoints as teaching media

and had misconceptions about inquiry-based teaching. Teacher Weena had limited technological knowledge, resulting in the design of learning activities that integrated technology with little to no variety. Teacher Aree had knowledge of a variety of technologies but did not apply them in teaching practice. When teachers participated in the workshop and lesson study, they learned about integrating technology into science teaching through the exchange of ideas in curriculum analysis, a study of TPACK research, the participation in hands-on experiment, the try out on content specific technologies, and reflections on science learning activities, resulting in better knowledge and understanding of the integration of technology for learning management by changing the perspective of using technology as a lecture-based teaching tool to the perspective of using technology as a tool for learners' inquiry, even if not yet being able to use technology specific to the content and suitable for inquiry-based teaching methods. When the teachers participated in the process of lesson study on the topic of chemical reactions including designing the lesson, teaching and observing the lesson, reflecting and evaluating, revising the lesson, and teaching the revised lesson, both teachers could design learning activities and change teaching practices to focus more on encouraging learners to use technology as a tool in scientific inquiry. Therefore, Teacher Aree developed TPACK faster than Teacher Weena, and the two teachers had different patterns of their TPACK development. Teacher Weena integrated technology with specific content in the exploration step, while Teacher Aree integrated technology with specific content consistent with the exploration step, including examination of students' knowledge in the engagement and evaluation step.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยให้การอบรม สั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยและการทำงานด้วยความเอาใจใส่ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิรินภา กิจเกื้อกูล อาจารย์ ดร.สุรียา ซาปุ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ อาจารย์ผู้ให้แรงบันดาลใจในงานวิจัย และคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน ที่ทำให้ผู้วิจัยมีประสบการณ์ในการทำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา ตลอดจนให้คำชี้แนะแนวทางในการพัฒนางานวิจัย รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา รุ่นที่ 2 ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการเรียนตลอดจนการทำวิทยานิพนธ์

เหนือสิ่งอื่นใด ขอขอบพระคุณมารดาและน้ำ ตลอดจนกัลยาณมิตรทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา คุณประโยชน์อันใดเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน และผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ต่อไป

โชติกุล รินลา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุณูปการ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	11
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	12
ขอบเขตของการวิจัย.....	12
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	12
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	16
ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	29
การพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและ เทคโนโลยี.....	52
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	79

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	86
ระเบียบวิธีวิจัย.....	86
บริบทที่ศึกษา.....	87
ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	91
โปรแกรมพัฒนาวิชาชีพเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี	92
เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือวิจัย.....	106
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	118
การวิเคราะห์ข้อมูล	121
การตรวจสอบความเชื่อถือได้	127
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	128
กรณีศึกษาที่ 1 ครูวิณา.....	128
ตอนที่ 1 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนการเข้าร่วมโปรแกรม การประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน	129
ตอนที่ 2 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรม การประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน	146
กรณีศึกษาที่ 2 ครูอารีย์.....	215
ตอนที่ 1 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนการเข้าร่วมโปรแกรม การประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน	216
ตอนที่ 2 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรม การประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน	234
การวิเคราะห์ข้ามกรณี.....	296
บทที่ 5 บทสรุป.....	304
สรุปผลการวิจัย.....	304

อภิปรายผล	312
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	325
บรรณานุกรม.....	328
ภาคผนวก.....	341
ประวัติผู้วิจัย	357



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ระดับของการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบ Technology Integration Matrix (TIM).....	28
ตาราง 2 องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี	43
ตาราง 3 ข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี	47
ตาราง 4 ประเด็นที่ใช้ในการสังเกตการณ์ปฏิบัติการสอน	48
ตาราง 5 ประเด็นในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้.....	50
ตาราง 6 ประเด็นในการสะท้อนบทเรียน.....	51
ตาราง 7 สรุปเครื่องมือวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
ตาราง 8 สรุปงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี	78
ตาราง 9 สถานภาพของครุวิทยาสตวรรษระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่เข้าร่วมวิจัย.....	92
ตาราง 10 โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน.....	95
ตาราง 11 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์.....	108
ตาราง 12 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมี	110
ตาราง 13 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้	112
ตาราง 14 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตการณ์ปฏิบัติการสอน.....	113

ตาราง 15 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบสะท้อนการปฏิบัติการ สอน.....	115
ตาราง 16 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบบันทึกภาคสนาม.....	116
ตาราง 17 สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	117
ตาราง 18 รูปแบบของกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ใช้ในงานวิจัย	119
ตาราง 19 กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจำแนกตามตาม องค์ประกอบและการปฏิบัติที่สะท้อนถึงองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบ	121
ตาราง 20 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลและการให้รหัสข้อมูล.....	123
ตาราง 21 ตัวอย่างการจัดหมวดหมู่ข้อมูลและหาประเด็นหลัก.....	124
ตาราง 22 คำถามวิจัย เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ช่วงเวลาที่ใช้เครื่องมือในการ เก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีวิเคราะห์ข้อมูล.....	126
ตาราง 23 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	248

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	14
ภาพ 2 กรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี	33
ภาพ 3 รูปแบบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี.....	36
ภาพ 4 รูปแบบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี.....	37
ภาพ 5 รูปแบบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร (ICT-TPACK).....	38
ภาพ 6 กรอบแนวคิดความรู้ในวิทยาศาสตร์ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPASK)	39
ภาพ 7 กรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นการปฏิบัติ..	40
ภาพ 8 รูปแบบการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี.....	45
ภาพ 9 กรอบแนวคิดในการออกแบบการพัฒนาวิชาชีพครู.....	53
ภาพ 10 รูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี.....	60
ภาพ 11 แผนผังห้องเรียน	89
ภาพ 12 แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	90
ภาพ 13 การปฏิบัติการสอนเรื่องบรรยากาศของครุวีณา	141
ภาพ 14 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องบรรยากาศที่ครุวีณาใช้ในการจัดการเรียนการสอน....	142
ภาพ 15 การใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR ในการศึกษาแบบจำลอง ภาพเคลื่อนไหวสามมิติเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศ	143
ภาพ 16 การปฏิบัติการสอนเรื่องเมฆของครุวีณา (กุมภาพันธ์, 2563).....	144
ภาพ 17 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องเมฆและฝนที่ครุวีณาใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	145
ภาพ 18 ภาพเคลื่อนไหวเกี่ยวกับชนิดของเมฆ.....	146

ภาพ 19 ครูวีณาทำกิจกรรมการวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	152
ภาพ 20 ครูวีณาปฏิบัติทดลองในกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	153
ภาพ 21 การทดลองใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR เรื่องชั้นบรรยากาศ.....	156
ภาพ 22 แผนผังความคิดจากการวิเคราะห์งานวิจัยของครูวีณา	157
ภาพ 23 การออกแบบบทเรียนร่วมกัน	161
ภาพ 24 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่ใช้ในการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี	182
ภาพ 25 ตัวอย่างโปรแกรม PhET ที่ใช้ในการสอนเรื่องการดุลสมการเคมี.....	182
ภาพ 26 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Beaker ที่ใช้ในการสอนเรื่องสมการเคมี.....	183
ภาพ 27 การจัดการเรียนการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีของครูวีณา.....	183
ภาพ 28 การจัดการเรียนการสอนเรื่องกฎทรงมวลของครูวีณา.....	186
ภาพ 29 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่ใช้ในการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของ ปฏิกิริยาเคมี.....	188
ภาพ 30 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Beaker ที่ใช้ในการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี	189
ภาพ 31 การจัดการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี.....	189
ภาพ 32 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่ใช้ในการสอนเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ	192
ภาพ 33 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Beaker ที่ใช้ในการสอนเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ	192
ภาพ 34 การจัดการเรียนการสอนเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ	193

ภาพ 35 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี	196
ภาพ 36 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องกฎทรงมวล.....	200
ภาพ 37 ใบกิจกรรมเรื่องกฎทรงมวล	201
ภาพ 38 ใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี.....	204
ภาพ 39 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี.....	205
ภาพ 40 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ.....	209
ภาพ 41 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ.....	209
ภาพ 42 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี.....	210
ภาพ 43 การปฏิบัติการสอนเรื่องดินของครูอารีย์.....	228
ภาพ 44 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องดินที่ครูอารีย์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน.....	229
ภาพ 45 การใช้แอปพลิเคชัน Aksorn interactive3D ในการศึกษาแบบจำลอง ภาพเคลื่อนไหวสามมิติเกี่ยวกับชั้นของดิน	230
ภาพ 46 การปฏิบัติการสอนเรื่องแหล่งน้ำของครูอารีย์ (กุมภาพันธ์ 2563).....	232
ภาพ 47 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องแหล่งน้ำที่ครูอารีย์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน	233
ภาพ 48 ภาพเคลื่อนไหวเรื่องแหล่งน้ำ.....	234
ภาพ 49 ครูอารีย์ปฏิบัติการทดลองในกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทาง วิทยาศาสตร์	241
ภาพ 50 การทดลองใช้แอปพลิเคชัน Plant Snap ของครูอารีย์.....	242
ภาพ 51 แผนผังการวิเคราะห์งานวิจัยของครูอารีย์.....	244
ภาพ 52 การจัดการเรียนการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีของครูอารีย์	267
ภาพ 53 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่ครูอารีย์ใช้ในการสอนเรื่องกฎทรงมวล	270

ภาพ 54 การจัดการเรียนการสอนเรื่อง กฎทรงมวลของครูอารีย์	270
ภาพ 55 การจัดการเรียนการสอนเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี	273
ภาพ 56 การจัดการเรียนการสอนเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ.....	276
ภาพ 57 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี	279
ภาพ 58 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องกฎทรงมวล.....	282
ภาพ 59 ใบกิจกรรมเรื่องกฎทรงมวล.....	283
ภาพ 60 ใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี	285
ภาพ 61 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี.....	286
ภาพ 62 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ.....	289
ภาพ 63 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ	290
ภาพ 64 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ.....	290
ภาพ 65 รูปแบบโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น	312
ภาพ 66 การประชุมเชิงปฏิบัติการ“ การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น”	354
ภาพ 67 การประชุมเชิงปฏิบัติการ“ การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น”	354
ภาพ 68 การจัดการเรียนการสอนบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีโดยบูรณาการเทคโนโลยี .	355
ภาพ 69 การจัดการเรียนการสอนบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีโดยบูรณาการเทคโนโลยี .	355

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกแห่งศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากการขับเคลื่อนด้วยความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่งผลต่อการพัฒนาด้านสังคม อุตสาหกรรม และการศึกษา นวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยีในรูปแบบสื่อสังคมอิเล็กทรอนิกส์ (social media) จึงเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิต (OECD, 2019) ประชาชนสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้ง่ายขึ้นทำให้การดำรงชีวิตมีความสะดวกสบายมากขึ้น ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้ ตลอดจนกระบวนการและผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบอาชีพและการดำรงชีวิตประจำวัน โดยองค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) พยายามส่งเสริมให้ประเทศต่าง ๆ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการพัฒนาการศึกษาสู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (OECD, 2019: Online) สอดคล้องกับภาคีเพื่อพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งได้ระบุทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีไว้ในกรอบความคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st century skills, 2009: Online) รวมทั้งองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ได้ระบุสมรรถนะหลักของการศึกษาและทักษะในปี 2030 ซึ่งต้องมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ (OECD, 2019) ประกอบกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560 – 2564 (2561) ได้ระบุเป้าหมายการพัฒนาคนไทยทุกกลุ่มวัยให้มีทักษะและความรู้ความสามารถที่จะเป็นฐานในการพัฒนาประเทศในการสร้างนวัตกรรม มีทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี โดยการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายให้เอื้อต่อคนทุกกลุ่มสามารถเข้าถึงได้ง่าย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) รวมทั้งจุดเน้นของการจัดการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งส่งเสริมการเรียนรู้ดิจิทัลและใช้ดิจิทัลเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2564: ออนไลน์) ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญต่อการจัดการศึกษาในปัจจุบัน

เทคโนโลยีเป็นส่วนสำคัญในการปรับปรุงและพัฒนาการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ศึกษา เนื่องจากมีศักยภาพที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการสอนและการเรียนรู้ ด้วยเหตุนี้ประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการสอนในชั้นเรียนจึงกลายเป็นประเด็นสำคัญในการวิจัยและพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Srisawasdi, N., 2014) การปฏิรูปการศึกษา

วิทยาศาสตร์จึงสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Waight, N., & Abd-El-Khalick, F., 2012) รวมทั้งให้ความสำคัญกับการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีของครู (Yeh, Y. F., Lin, T. C., Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Hwang, F. K., 2015) ประกอบกับนโยบายการพัฒนาวิชาชีพครูและบุคลากรทางการศึกษาในประเทศไทยมีประเด็นสำคัญในการพัฒนาคุณภาพครูที่สอดคล้องกันของแต่ละรัฐบาลคือ การนำเทคโนโลยีสารสนเทศและเครื่องมือที่เหมาะสมมาใช้ในการเรียนการสอน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพครูซึ่งเป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะพื้นฐานของบุคคลในการจัดการเรียนการสอน โดยด้านที่ 2 ด้านความรู้และศาสตร์การสอน ได้มีข้อกำหนดให้ครูมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอนและวิธีสอน รวมถึงมีความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา (สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา, 2561: ออนไลน์) ครูผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับเป้าหมายและนโยบายที่กำหนด ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ จึงต้องพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้ ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพนอกจากครูวิทยาศาสตร์ต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแล้ว ครูวิทยาศาสตร์ต้องสามารถนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยี ศาสตร์การสอน และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นที่ไปตามเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2559) ซึ่งครูจำเป็นต้องมีทักษะทางด้านเทคโนโลยีเพื่อนำมาพัฒนาการสอนให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากครูมีบทบาทสำคัญในการใช้เทคโนโลยีในชั้นเรียนและการปฏิบัติการสอนของครูส่งผลต่อผลการเรียนรู้ของผู้เรียน (Dawson, K., Ritzhaupt, A., Liu, F., Rodriguez, P., & Frey, C., 2013) ครูจึงจำเป็นต้องพัฒนาความเชี่ยวชาญในด้านเทคโนโลยี ด้านวิธีการสอน ด้านเนื้อหาวิชาเฉพาะ รวมไปถึงปัจจัยด้านบริบท ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Koehler, M., & Mishra, P. (2009) ที่ได้กล่าวถึงความรู้ความสามารถที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอน นั่นคือ ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical content knowledge)

การพัฒนาวิชาชีพครูให้มีความสำคัญกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นอย่างมากและเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจในด้านครุศึกษาและวิทยาศาสตร์ศึกษาเนื่องจากเป็นชุดความรู้ของครูซึ่งบูรณาการเทคโนโลยี ศาสตร์การสอนกับความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (Archambault, L. M., & Barnett, J. H., 2010) และเป็นแนวคิดที่บูรณาการเทคโนโลยีไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Novak, A. M., & Krajcik, J. S., 2006; Angeli, & Valanides, 2005) รวมทั้ง Niess, M. L. (2005) อธิบายกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีซึ่งประกอบด้วยความรู้

เกี่ยวกับแนวคิดด้านเนื้อหา หลักสูตร วิธีสอน และการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยี ในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงใช้มุมมองการบูรณาการระหว่างความรู้ในเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีโดยใช้สื่อเทคโนโลยีสารสนเทศมาบูรณาการในการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ (Jimoyiannis, A., 2010) นอกจากนี้ McCrory, R. (2008) ได้อธิบายความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยความรู้ในหลักสูตรที่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยี ความรู้ด้านเทคโนโลยีและวิธีการใช้เทคโนโลยี อีกทั้งความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยียังเป็นรูปแบบความรู้ที่ใช้เทคโนโลยี ส่งเสริมวิธีสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน (Graham et al., 2009) ดังนั้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงเป็นความรู้ ความสามารถของครูในการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนภายใต้บริบท

กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการวิจัยทางด้านครุศึกษาและวิทยาศาสตร์ศึกษาคือกรอบแนวคิดของ Koehler, M., & Mishra, P. (2006) ซึ่งเป็นความรู้ที่มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ 1) ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (content knowledge) เป็นความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาที่ทำการสอน 2) ความรู้ในวิธีสอน (pedagogical knowledge) เป็นความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกลวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน และ 3) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (technological knowledge) เป็นความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละส่วนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันกลายเป็นส่วนที่ซ้อนทับกันระหว่าง 3 องค์ประกอบหลักจึงมีอีก 4 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (pedagogical content knowledge; PCK) เป็นความรู้ ความสามารถในการใช้วิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหา 2) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (technological content knowledge; TCK) เป็นความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหา 3) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (technological pedagogical knowledge; TPK) เป็นความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน และ 4) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical content knowledge; TPACK) เป็นความรู้ ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน ดังนั้นหากครูมีความรู้ ความเข้าใจทั้ง 7 องค์ประกอบนี้ ครูจะสามารถบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญต่อการออกแบบการจัดการเรียนการสอนของครูในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะช่วยให้ครูเกิดมุมมองในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Koehler, M., & Mishra, P., 2006) และทำให้ครูทราบถึงเนื้อหาในหลักสูตรที่เป็นปัญหาในการสอนหรือการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้ลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีที่มีความสัมพันธ์กับเนื้อหาวิชาเฉพาะ

มาแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอน (McCrary, R., 2008) และยิ่งช่วยให้ครูสามารถกำหนดวิธีการออกแบบและปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่มีความจำเพาะ เนื่องจากครูจำเป็นต้องมีความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาที่จำเพาะและพิจารณาต่อไปว่าจะเลือกใช้เทคโนโลยีมาช่วยส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่มีความจำเพาะได้อย่างไร (Niess, M. L., 2011) รวมทั้งช่วยสร้างความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีของครูผ่านแนวทางต่าง ๆ และสามารถเชื่อมโยงไปสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนที่เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชา (Koehler et al., 2014) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ ครูจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นความรู้ที่ช่วยให้ครูสามารถออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

จากรายงานการวิจัยในต่างประเทศ พบว่า ครูนำเทคโนโลยีไปใช้ไม่เพียงพอถึงแม้ว่าเทคโนโลยีจะใช้ประโยชน์ได้ในห้องเรียน เนื่องจากครูขาดประสบการณ์ในการสอนและมีการรับรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีในเชิงลบ (Yeh et al., 2014) และเมื่อพิจารณาการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนของครู พบว่า ครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ขาดการนำความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไปใช้ในห้องเรียน (Jen et al., 2016) ครูไม่ได้บูรณาการเทคโนโลยีในการสอนด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น ขาดความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ขาดเวลา ขาดการสนับสนุน (Guzey, S. S., & Roehrig, G. H., 2012) และครูยังขาดความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนและความพยายามของครูยังถูกจำกัดในขอบเขตหลายๆ ด้าน โดยเทคโนโลยีถูกใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการสอนมากกว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการส่งผ่านธรรมชาติของรายวิชา (Koehler et al., 2014) อีกทั้งครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มักจะใช้เทคโนโลยีเพื่อการนำเสนอในการสอน ซึ่งเป็นรูปแบบในด้านความรู้ ความเข้าใจที่ค่อนข้างจะอยู่ในระดับต่ำและเน้นให้นักเรียนจดจำข้อมูล (Dawson et al., 2013) รวมทั้งครูไม่มีการรับรู้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในเนื้อหา (CK) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) (Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Tsai, C. C., 2013) ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ (Lin, T. C., Tsai, C. C., Chai, C. S., & Lee, M. H., 2013) อีกทั้งครูยังมีความมั่นใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (Graham et al., 2009) และครูรู้สึกว่าจะยังไม่ได้เตรียมตัวในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในห้องเรียนเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ (Lehiste, P., 2015)

เมื่อพิจารณาสภาพปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ของครูวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย พบว่า ครูใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อการสอน แต่ยังไม่สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้ (กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์, 2560) และครูวิทยาศาสตร์มีทัศนคติเชิงลบเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีจึงทำให้ครูใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์น้อย (เจนศึก โพธิศาสตร์, 2553) และครูจำนวนมากขาดทักษะทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจึงทำให้รับรู้ข้อมูลหรือมีแหล่งค้นคว้าข้อมูลน้อย (ภาสกร เรืองรองและคนอื่นๆ, 2557) รวมทั้งครูมีความกังวลและขาดความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสอนวิทยาศาสตร์ (กรรณการ์ พิมพ์รส, 2546) ทั้งนี้ปัญหาหลักในการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ คือ 1) จำเป็นต้องสอนให้ครอบคลุมเนื้อหาตามหลักสูตรและหนังสือเรียน 2) มีข้อจำกัดที่กำหนดสู่การจัดการเรียนการสอนโดยหนังสือเรียน 3) จำเป็นต้องเตรียมนักเรียนสำหรับการสอบปลายภาค 4) ขาดเวลาในการเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นตามความต้องการของนักเรียน และ 5) เกิดการต่อต้านของโรงเรียนโดยธรรมชาติต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งบังคับให้ครูส่วนใหญ่จัดการเรียนการสอนตามคำสั่ง วัฒนธรรมและการปฏิบัติของโรงเรียน (Jimoyiannis, A., 2010)

กระทรวงศึกษาธิการได้จัดตั้งโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษามีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนได้รับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตครอบคลุมทุกพื้นที่ โดยจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นประถมศึกษาถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและบางแห่งจัดการเรียนการสอนจนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อยู่ในสังกัดของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา จากรายงานการจัดการศึกษาในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่โรงเรียนมีสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ ครูขาดความรู้ความเข้าใจในการกระบวนการจัดการเรียนรู้และส่วนใหญ่มักจะใช้วิธีสอนแบบบรรยาย (Office of the National Primary Education Office, 1993) ดังนั้นความท้าทายของการบริหารจัดการด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาคือครูจะสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดอย่างไรจึงจะสามารถพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ตามคุณภาพผู้เรียนของหลักสูตรวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

จากการสำรวจความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในจังหวัดชัยภูมิก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ โดยใช้แบบสำรวจออนไลน์ จำนวน 28 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา 2) ความรู้ในวิธีสอน 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 4) ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยมีครูทำแบบสำรวจออนไลน์จำนวน 75 คน ผลการสำรวจ

พบว่า ค่าเฉลี่ยของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.18$, S.D. = 0.78) ซึ่งด้านที่ครูมีปัญหามากที่สุด คือ ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ($\bar{x} = 2.55$, S.D. = 0.83) ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ($\bar{x} = 2.58$, S.D. = 0.80) และด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี ($\bar{x} = 2.81$, S.D. = 0.95) ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับพอใช้ รวมทั้งพบว่า ประสิทธิภาพในการสอนวิทยาศาสตร์ของครูส่งผลต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ดังเช่นผลการสำรวจครูที่มีประสบการณ์สอน 1-5 ปี มีคะแนนเฉลี่ยความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีน้อยที่สุด ($\bar{x} = 2.93$, S.D. = 0.33) หลังจากการตอบแบบสำรวจออนไลน์ ผู้วิจัยทำการคัดเลือกครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 3 คน มาสัมภาษณ์เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยเป็นครูสังกัดโรงเรียนขนาดใหญ่จำนวน 1 คน ขนาดกลางจำนวน 1 คน และขนาดเล็กจำนวน 1 คน ผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ พบว่า ส่วนใหญ่ครูมักจะใช้เทคโนโลยีโปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอเป็นสื่อประกอบการสอนแบบบรรยาย ซึ่งไม่ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน (Rinla, C., & Bongkotphet T., 2021) สะท้อนให้เห็นว่าครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในจังหวัดชัยภูมิยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) มีเป้าหมายให้ผู้เรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีรวมถึงการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้แบบจำลองและสมการข้อความ ซึ่งเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารโดยสารตั้งต้นเข้าทำปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ แนวคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมีจึงเกี่ยวข้องกับอะตอมและโมเลกุลซึ่งเป็นแนวคิดระดับจุลภาคมีความซับซ้อนและมีความเป็นนามธรรมสูง โดยการเปลี่ยนแปลงของสารที่สามารถสังเกตเห็นได้สัมพันธ์กับตัวแทนความคิดระดับมหภาค การศึกษาปฏิกิริยาและการเกิดพันธะซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้สัมพันธ์กับตัวแทนความคิดระดับจุลภาค และใช้ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์อธิบายความเชื่อมโยงระหว่างปรากฏการณ์ทั้ง 2 ระดับ (Jaber, L. Z., & BouJaoude, S., 2012) หากผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้จะทำให้ผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารได้อย่างลึกซึ้ง (Tasker, R., & Dalton, R., 2006) ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีครูจึงจำเป็นต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ เพื่อนำมาอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่ศึกษา แต่จากรายงานการวิจัย พบว่า ครูวิทยาศาสตร์ยังประสบปัญหาการสอนวิทยาศาสตร์ที่ในเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม โดยไม่สามารถออกแบบ

กิจกรรมการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจแนวคิดระดับจุลภาคได้ (Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T., 2003) และการสอนของครูไม่มีการฝึกให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิด (Gabel, D., 1999) ปัญหาในส่วนนี้จึงส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ดังนั้นครูจึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี โดยอาศัยสื่อเทคโนโลยีที่ช่วยในการแสดงแนวคิดที่เป็นนามธรรมให้เห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น เช่น การใช้สื่อแอนิเมชัน สื่อสถานการณ์จำลอง การใช้แอปพลิเคชันในโทรศัพท์สมาร์ตโฟนที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี จากสภาพปัญหาข้างต้นจึงเป็นประเด็นที่ต้องเร่งพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์เพื่อให้ครูสามารถปรับปรุงคุณภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันนักวิจัยทางด้านครุศึกษาและวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความสำคัญและมุ่งเน้นการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์โดยออกโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่ใช้กลวิธีเรียนรู้วิชาชีพที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น Ekanayake, S. Y., & Wishart, J. (2015) ใช้โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการการบูรณาการการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่กับการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครูจะได้เรียนรู้การใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในการสอนวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ โดยร่วมกันเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ Kim et al. (2012) ใช้ระบบพี่เลี้ยง (mentoring) ในการพัฒนาวิชาชีพในรูปแบบชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพสู่การสอนวิทยาศาสตร์ผ่านเว็บวิกิ (Wiki Web) เพื่อส่งเสริมให้ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยีกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ Morsink et al. (2011) ใช้การสัมมนาในการศึกษาแนวทางการเรียนรู้ของครูระดับประถมศึกษาเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีผ่านกิจกรรมที่มีการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่การปฏิบัติในชั้นเรียน Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ได้ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยมุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน Lehiste, P. (2015) ได้ออกแบบรายวิชาด้านเนื้อหาเพื่อส่งเสริมให้ครูนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ Kafyulilo, A. C., Fisser, P., & Voogt, J. (2015) ใช้การออกแบบบทเรียนร่วมกันเป็นทีมในการพัฒนาบทเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน แต่ผลการวิจัยพบว่าการใช้กลวิธีเรียนรู้วิชาชีพเพียงกลวิธีเดียวอาจไม่สามารถช่วยพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น การใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการหรือการสัมมนาเพียงกลวิธีเดียวอาจไม่ส่งผลให้ครูนำความรู้ไปใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนอย่างยั่งยืน ดังนั้นการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพจึงจำเป็นต้องใช้กลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพที่หลากหลายมาผนวกกัน (Loucks-Horsley et al., 2010)

จากการศึกษางานวิจัย พบว่า ส่วนใหญ่นักวิจัยออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่ส่งเสริมพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์โดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับการพัฒนาบทเรียน เนื่องจากการประชุมเชิงปฏิบัติการเป็นกลวิธีเรียนรู้วิชาชีพที่กระตุ้นผู้เข้าร่วมโดยมุ่งเน้นที่ประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติในการเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยี โดยมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสะท้อนความคิดของผู้เข้าร่วมเพื่อนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ในห้องเรียน ประกอบการออกแบบบทเรียนร่วมกันเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดและสะท้อนความคิดระหว่างกลุ่มครูเพื่อปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ตามเป้าหมายของบทเรียน ดังนั้นการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูโดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับการพัฒนาบทเรียนร่วมกันจึงช่วยให้ครูได้เรียนรู้แนวทางการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ในการออกแบบบทเรียนร่วมกันในสถานศึกษา ดังงานวิจัยของ Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. (2015) ซึ่งได้ทำการวิจัยกรณีศึกษาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูโดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop) เพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้บล็อก (blogs) ผลการวิจัยพบว่าการประชุมเชิงปฏิบัติและนำความรู้ไปใช้ในการปฏิบัติงานสอนสามารถช่วยพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ ประกอบกับ Kafyulilo, A., Fisser, P., & Voogt, J. (2016) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพภายใต้กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพประกอบด้วย การประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop) และการออกแบบบทเรียนร่วมกัน (collaborative lesson design) ซึ่งครูจะได้ออกแบบบทเรียน นำบทเรียนไปใช้ในการปฏิบัติการสอนในห้องเรียน และสะท้อนผลการใช้บทเรียน ผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสามารถส่งเสริมให้ครูเกิดความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ รวมทั้งงานวิจัยของ Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีในชั้นเรียน โดยครูร่วมกันดัดแปลงกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานผ่านการนำไปใช้ การอภิปราย และการสะท้อน ซึ่งครูจะได้พัฒนาความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และประสิทธิภาพของเครื่องมือด้านเทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้ของนักเรียน จากนั้นครูแต่ละคนเขียนประสบการณ์ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือด้านเทคโนโลยีในบล็อกของเว็บไซต์ TEC community ครูร่วมกันออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีในระหว่างปีการศึกษา โดยครูและนักการศึกษาได้ร่วมกันอภิปรายถึงข้อจำกัด

ของครูจากประสบการณ์ในการบูรณาการเทคโนโลยีไปสู่การปฏิบัติสอนโดยใช้สื่อเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า ครูเกิดการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ในบริบทประเทศไทยมีการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ผ่านโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพอยู่ไม่มากนัก เริ่มจาก เจนศึก โพธิศาสตร์ (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในเขตจังหวัดนนทบุรี โดยใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพซึ่งประกอบด้วยการประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ การสะท้อนความรู้ การสืบเสาะหาความรู้ การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ การพัฒนากระบวนการสอน และการสะท้อนการสอน และศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ (2559) ได้ศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์เพื่อการจัดการเรียนรู้บูรณาการบริบทชุมชนท้องถิ่นและปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพซึ่งพัฒนาจากแนวคิดระบบหนุนนำอย่างต่อเนื่อง (teacher coaching) และรูปแบบการร่วมมือกันในการสอน (Co-teaching model) โดยเน้นกระบวนการพัฒนาและการปฏิบัติจริงที่เกิดขึ้นในโรงเรียน รวมทั้ง กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์ (2560) ศึกษาการพัฒนาความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพซึ่งประกอบด้วยการประชุมเชิงปฏิบัติการ การนิเทศ การสะท้อนแผนการจัดการเรียนรู้ และการสะท้อนการปฏิบัติการสอน ดังนั้นการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์จึงเป็นประเด็นและแนวโน้มทางครุศึกษาและวิทยาศาสตร์ศึกษาที่สำคัญแต่ปัจจุบันยังมีนักวิจัยในประเทศไทยทำการศึกษาค้นคว้าค่อนข้างน้อย

จากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยพบว่าโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพส่วนใหญ่ยังจัดอยู่ภายนอกสถานศึกษาและใช้ระยะเวลาไม่เพียงพอที่ทำให้ครูเกิดการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติรวมถึงกระบวนการยังสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนได้ไม่ชัดเจน ซึ่งเมื่อพิจารณาวิธีการเรียนรู้วิชาชีพที่ก่อให้เกิดความยั่งยืนในการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน พบว่า การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน (lesson study) ทำให้เกิดความยั่งยืนในการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน 5 ประการ ได้แก่ 1) เกิดคุณค่าในการสอน เกิดคุณค่าในตัวครู และชุมชนการสอนทางวิชาชีพ 2) เป็นการพัฒนาบทเรียนผ่านการวิจัยบทเรียน โดยการพัฒนาบทเรียนอย่างต่อเนื่อง 3) ให้คุณค่าในการเรียนรู้ทาววิชาชีพในระยะเวลานาน 6 – 10 เดือน 4) สร้างแรงจูงใจในภายในให้กับครู และ 5) สร้างการแลกเปลี่ยนบนฐานของความรู้ (Lewis, C. C., & Hurd, J., 2011)

การพัฒนาบทเรียนร่วมกันมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนของครูจากการร่วมมือรวมพลัง (collaborative) ของกลุ่มครูในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ โดยตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน (Lewis, C. C., & Hurd, J., 2011; Stepanek et al., 2006) กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันแบ่งเป็น 9 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การตั้งเป้าหมายและกำหนดหัวข้อในการพัฒนาบทเรียนจากข้อมูลผลการเรียนรู้ 2) การออกแบบบทเรียนจากการร่วมกันพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ โดยอ่านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแก้ไขแนวคิดทางเลือกของผู้เรียนแล้วจึงแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่ม 3) การสอนบทเรียน โดยสมาชิกในกลุ่มทำการสอนในบทเรียนที่ได้พัฒนาขึ้น 4) การสังเกตบทเรียน สมาชิกส่วนหนึ่งร่วมกันสังเกตการปฏิบัติการสอน โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย เช่น การจัดบันทึก การบันทึกภาพเคลื่อนไหว การพิจารณาชิ้นงานของผู้เรียน 5) การสะท้อนและประเมินผล ครูร่วมกันวิพากษ์และอภิปรายเชิงลึกในประเด็นที่สังเกตและหลักฐานที่พบในการจัดการเรียนการสอน และระบุสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไข 6) การปรับปรุงบทเรียน โดยทบทวนการลำดับเนื้อหา ขั้นตอนการจัดกิจกรรม การมีส่วนร่วมและการใช้คำถาม 7) การสอนบทเรียนที่ได้ปรับปรุงแล้ว และร่วมกันสังเกตการปฏิบัติการสอนอีกครั้ง 8) การสะท้อนและประเมินผล ตรวจสอบประเด็นที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และ 9) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาบทเรียนกับครูต่างโรงเรียน จากรายงานการวิจัยของ Danday, B. A., & Monterola, S. L. C. (2019) ซึ่งศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของนักศึกษาครูผ่านการพัฒนาบทเรียนพิสิกส์โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย ได้แก่ ตัวแทนความคิดในรูปแบบดิจิทัล ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาบทเรียนพิสิกส์โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายสามารถพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของนักศึกษาครูได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเริ่มจากการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อให้ครูได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการในการใช้เทคโนโลยีบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอน จากนั้นครูจึงร่วมกันออกแบบบทเรียน นำบทเรียนไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและร่วมกันสะท้อนผลการใช้บทเรียนเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เกิดประสิทธิภาพและพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

อย่างไรก็ตามยังปรากฏงานวิจัยที่ศึกษาการพัฒนาบทเรียนร่วมกันโดยมีเฉพาะกลุ่มครูภายในสถานศึกษาเดียวกันค่อนข้างน้อย ซึ่งการที่ครูในสถานศึกษาเดียวกันได้มาร่วมกันออกแบบบทเรียน สังเกตการปฏิบัติการสอน สะท้อนและปรับปรุงบทเรียนร่วมกันทำให้สามารถยืดหยุ่นช่วงเวลาในการพัฒนาบทเรียนได้ ครูได้เรียนรู้และพัฒนาบทเรียนไปพร้อมกันขณะที่ปฏิบัติงานประจำวัน ซึ่งเป็นทำงานร่วมกันคอยช่วยเหลือและสนับสนุนตลอดการจัดการเรียนรู้ในบทเรียนที่สอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cajkler et al. (2015) ซึ่งให้ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้ในสถานศึกษาเดียวกันมาพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ซึ่งเป็นรูปแบบการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ครูต่างเรียนรู้และพัฒนา

บทเรียนไปด้วยกัน รวมทั้ง Zepeda, S. L. (2014) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาวิชาชีพผ่านเรียนรู้ไปพร้อมกันขณะที่ครูทำงานประจำวันร่วมกัน โดยที่ครูจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในบริบทของห้องเรียนที่ตนเองสอนและยอมรับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนพัฒนาและสิ่งที่ต้องปรับปรุงในการปฏิบัติการสอน การมีส่วนร่วมในการสะท้อนบทเรียนทึ่งช่วยให้ครูได้เจาะลึกในการปฏิบัติการสอนที่มุ่งเน้นด้านความรู้เนื้อหาและการเชื่อมโยงไปยังวิธีสอนและการใช้เทคโนโลยี รวมทั้งเมื่อผู้วิจัยได้ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ พบว่า ยังไม่ปรากฏการใช้กลวิธีการประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับการพัฒนาบทเรียนร่วมกันในบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการพัฒนาบทเรียนร่วมกันโดยมีเฉพาะครูที่ปฏิบัติการสอนในสถานศึกษาเดียวกัน

จากสภาพปัญหาครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในจังหวัดชัยภูมิขาดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี ความสำคัญจำเป็นของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี รวมทั้งแนวคิดการวิจัยด้านการพัฒนาวิชาชีพครู ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาจังหวัดชัยภูมิโดยใช้โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนปรับปรุงและพัฒนาบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีให้เกิดประสิทธิภาพซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามตัวชี้วัดของหลักสูตรวิทยาศาสตร์

คำถามวิจัย

1. ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันอย่างไร
2. ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน
2. เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีและการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน โดยมีกำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ คือ ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ จำนวน 2 คน ที่สนใจพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน
2. ตัวแปรที่ศึกษา คือ ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
3. ระยะเวลาดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ถึงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน

ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความรู้ในเนื้อหา (content knowledge; CK) หมายถึง ความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่ปฏิบัติการสอน
2. ความรู้ในวิธีสอน (pedagogical knowledge; PK) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (pedagogical content knowledge; PCK) หมายถึง ความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหา

4. ความรู้ด้านเทคโนโลยี (technology knowledge; TK) หมายถึง ความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ระบบออนไลน์

5. ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (technological pedagogical knowledge; TPK) หมายถึง ความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีการสอน

6. ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (technological content knowledge; TCK) หมายถึง ความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์

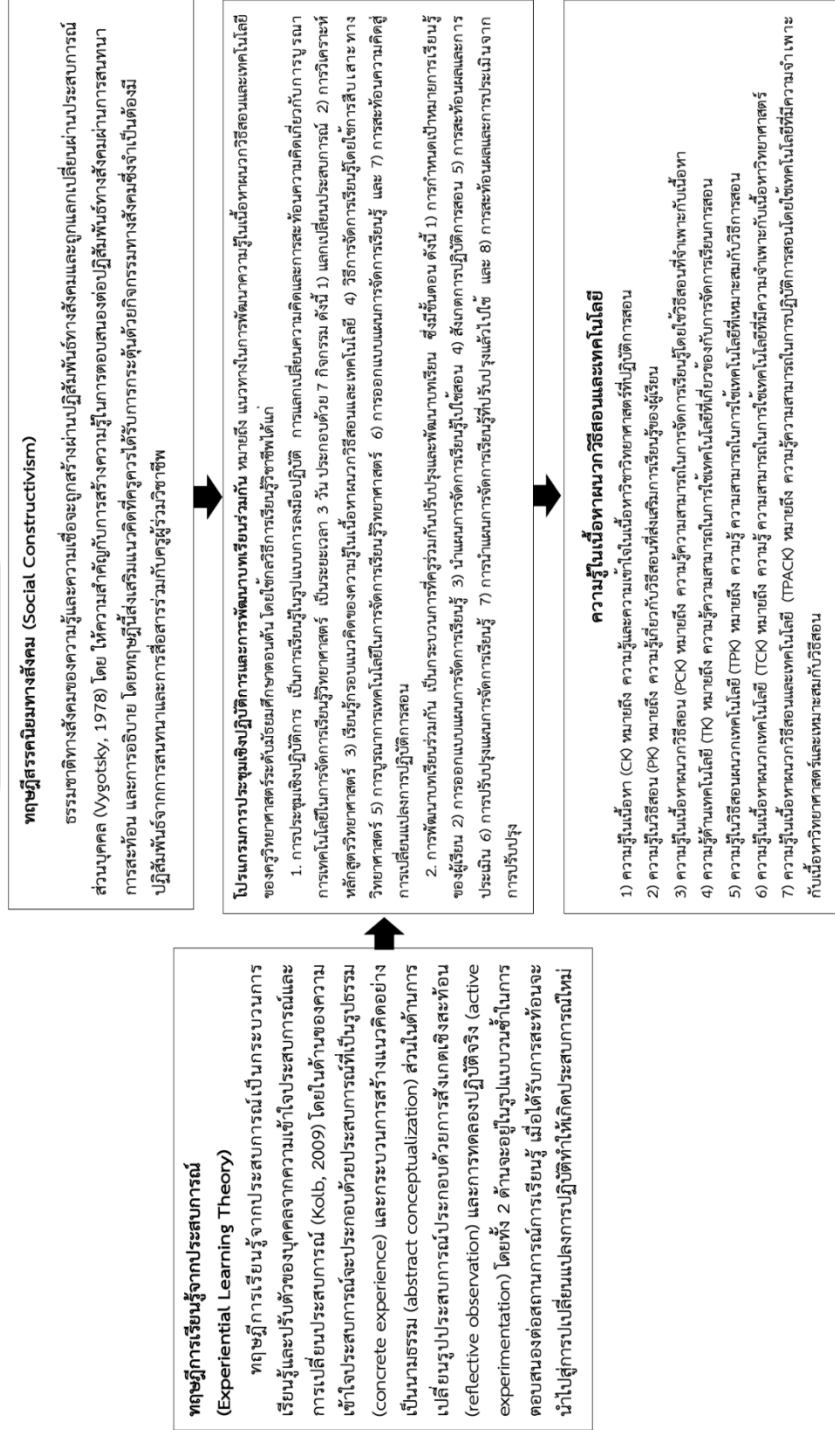
7. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical content knowledge; TPACK) หมายถึง ความรู้ความสามารถในการปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และเหมาะสมกับวิธีสอน

โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน หมายถึง แนวทางในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้กลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพครู 2 กลวิธี คือ

1. การประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop) เป็นการเรียนรู้ในรูปแบบการลงมือปฏิบัติการแลกเปลี่ยนความคิดและการสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นระยะเวลา 3 วัน ประกอบด้วย 7 กิจกรรม ดังนี้ 1) แลกเปลี่ยนประสบการณ์ 2) การวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ 3) เรียนรู้กรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี 4) วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 5) การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 6) การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และ 7) การสะท้อนความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน

2. การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน (lesson study) เป็นกระบวนการที่ครูร่วมกันปรับปรุงและพัฒนาบทเรียน ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้ 1) การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของผู้เรียน 2) การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ 3) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้สอน 4) สังเกตการปฏิบัติการสอน 5) การสะท้อนผลและการประเมิน 6) การปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ 7) การนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ และ 8) การสะท้อนผลและการประเมินจากการปรับปรุง ซึ่งครูผู้เข้าร่วมการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเป็นครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในสถานศึกษาเดียวกัน จำนวน 2 คน ซึ่งเป็นรูปแบบการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ครูต่างเรียนรู้และพัฒนาบทเรียนไปด้วยกัน ตามรูปแบบของ Cajkler et al., (2015)

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโดยโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องและนำมาเรียบเรียงเป็นกรอบแนวคิดพื้นฐานในการวิจัย โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 ตอน ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

- 1.1 เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสาระสำคัญ
- 1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
- 1.3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง
- 1.4 หลักสูตรวิทยาศาสตร์กับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน
- 1.5 การเรียนรู้กับการพัฒนาเทคโนโลยี
- 1.6 การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้

2. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

- 2.1 ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี
- 2.2 ความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี
- 2.3 องค์ประกอบและกรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี
- 2.4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี
- 2.5 รูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี
- 2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีและวิธีการ

วิเคราะห์ข้อมูล

3. การพัฒนาวิชาชีพครุวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

- 3.1 แนวคิดการพัฒนาวิชาชีพครุวิทยาศาสตร์
- 3.2 โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครุวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยในประเทศไทย
 - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้มีการปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีการปรับเปลี่ยนสาระการเรียนรู้พื้นฐานจาก 8 สาระ เป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี และเพิ่มสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยได้ปรับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีทักษะสำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กล่าวถึงเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระสำคัญ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้

1. เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสาระสำคัญ

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมาที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

สาระสำคัญ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

2. วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

3. วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพภูมิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4. เทคโนโลยี

การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. สารและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

3. ตัวชี้วัดในสาระวิทยาศาสตร์กายภาพและสาระเทคโนโลยีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

การวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นผ่านโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเรื่องปฏิกิริยาเคมีในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 8 สาระ ซึ่งหน่วยการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีอยู่ในสาระการเรียนรู้ที่ 3 สารและสมบัติของสาร แต่เมื่อกระทรวงศึกษาธิการและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ทำการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 ได้มีการปรับสาระการเรียนรู้เป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ สาระวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระเทคโนโลยี โดยหน่วยการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีได้จัดอยู่ในสาระวิทยาศาสตร์กายภาพ ประกอบกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 ได้กล่าวถึงคุณภาพผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงขอเสนอตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับสาระวิทยาศาสตร์กายภาพและสาระเทคโนโลยีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ดังนี้

สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1. อธิบายสมบัติทางกายภาพบางประการของ ธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ โดยใช้หลักฐาน เชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกตและการทดสอบ และใช้สารสนเทศที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งจัดกลุ่มธาตุเป็นโลหะ อโลหะ และ กึ่งโลหะ

2. วิเคราะห์ผลจากการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ และธาตุกัมมันตรังสี ที่มีต่อสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม จากข้อมูลที่รวบรวมได้

3. ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสี โดยเสนอแนวทางการใช้ธาตุอย่างปลอดภัย คุ่มค่า

4. เปรียบเทียบจุดเดือด จุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารผสม โดยการวัด อุณหภูมิ เขียนกราฟ แปลความหมายข้อมูล จากกราฟหรือสารสนเทศ

5. อธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของ สารบริสุทธิ์และสารผสม

6. ใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตรของ สารบริสุทธิ์และสารผสม

7. อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบ โดยใช้ แบบจำลองและสารสนเทศ

8. อธิบายโครงสร้างอะตอมที่ประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โดยใช้ แบบจำลองอธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและการ เคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้แบบจำลอง

9. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสารโดย ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1. อธิบายการแยกสารผสมโดยการระเหยแห้ง การตกผลึก การกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การสกัดด้วย ตัวทำละลาย โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

2. แยกสารโดยการระเหยแห้ง การตกผลึก การกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบ กระดาษ การสกัดด้วยตัวทำละลาย

3. นำวิธีการแยกสารไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์

4. ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบาย ผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำ ละลาย อุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสารรวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ ของสาร โดยใช้สารสนเทศ

5. ระบุปริมาณตัวละลายในสารละลาย ในหน่วย ความเข้มข้นเป็นร้อยละ ปริมาตรต่อ ปริมาตร มวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร

6. ตระหนักถึงความสำคัญของการนำความรู้เรื่อง ความเข้มข้นของสารไปใช้ โดย ยกตัวอย่างการใช้ สารละลายในชีวิตประจำวันอย่างถูกต้อง และปลอดภัย

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ระบุสมบัติทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ วัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกและ วัสดุผสม โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และสารสนเทศ

2. ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้วัสดุประเภท พอลิเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม โดย เสนอแนะ แนวทางการใช้วัสดุอย่างประหยัดและคุ้มค่า

3. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีรวมถึงการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้แบบจำลองและสมการข้อความ

4. อธิบายกฎทรงมวล โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

5. วิเคราะห์ปฏิกิริยาคูดความร้อนและปฏิกิริยาคายความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของปฏิกิริยา

6. อธิบายปฏิกิริยาการเกิดสนิมของเหล็ก ปฏิกิริยา ของกรดกับโลหะ ปฏิกิริยาของกรดกับเบสและปฏิกิริยาของเบสกับโลหะ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และอธิบายปฏิกิริยาการเผาไหม้ การเกิดฝนกรด การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้สารสนเทศรวมทั้งเขียนสมการข้อความแสดง ปฏิกิริยา ดังกล่าว

สาระเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1. อธิบายแนวคิดหลักของเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี

2. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นที่น่าเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

4. ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่อง ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

5. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย

6. ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้แนวคิดเชิงนามธรรมเพื่อแก้ปัญหาหรืออธิบายการทำงานที่พบในชีวิตจริง

7. ออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์

8. รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ ประมวลผล ประเมินผล นำเสนอข้อมูล และสารสนเทศ ตามวัตถุประสงค์ โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลาย

9. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย ใช้สื่อและแหล่งข้อมูลตามข้อกำหนดและข้อตกลง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1. คาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและวิเคราะห์ เปรียบเทียบ ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่นสรุปรอบของปัญหา รวบรวมวิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ได้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

4. ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา

5. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย

6. ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาหรือการทำงานที่พบในชีวิตจริง

7. ออกแบบและเขียนโปรแกรมที่ใช้ตรรกะและฟังก์ชันในการแก้ปัญหา

8. อภิปรายองค์ประกอบและหลักการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสาร เพื่อประยุกต์ใช้งานหรือแก้ปัญหาเบื้องต้น

9. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย มีความรับผิดชอบ สร้างและแสดงสิทธิในการเผยแพร่ ผลงาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. วิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

2. ระบุปัญหาหรือความต้องการของชุมชนหรือท้องถิ่นเพื่อพัฒนางานอาชีพ สรุปรอบของปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ได้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

4. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุง แก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา
5. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไกไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ให้ถูกต้องกับลักษณะของงานและปลอดภัย เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน
6. พัฒนาแอปพลิเคชันที่มีการบูรณาการกับวิชาอื่นอย่างสร้างสรรค์
7. รวบรวมข้อมูล ประมวลผล ประเมินผล นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศตามวัตถุประสงค์โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือบริการบนอินเทอร์เน็ตที่หลากหลาย
8. ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล วิเคราะห์สื่อ และผลกระทบจากการให้ข่าวสารที่ผิดเพื่อการใช้งานอย่างรู้เท่าทัน
9. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัยและมีความรับผิดชอบต่อสังคมปฏิบัติตามกฎหมายเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ใช้ลิขสิทธิ์ของผู้อื่นโดยชอบธรรม

4. หลักสูตรวิทยาศาสตร์กับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้กล่าวถึงคุณภาพผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี ดังนี้

1. เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลง ของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือ คณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมรวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้ง คำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา
2. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย
3. วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ จากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป และสื่อสารความคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบหรือใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

4. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

จากคุณลักษณะที่สำคัญและจำเป็นของผู้เรียนที่กำหนดไว้เมื่อจบการศึกษาภาคบังคับในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ระบุไว้ในส่วนของคุณภาพผู้เรียนข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรมีการนำเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในบริบทการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในบางเรื่อง เช่น เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมสูง มีความซับซ้อนและมองเห็นภาพได้ยาก หรือนำเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีมาใช้ในการทดลองและประมวลผลข้อมูล ครูจึงจำเป็นต้องออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้และสร้างชิ้นงานเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ดังนั้นเทคโนโลยีสารสนเทศจึงไม่ใช่เพียงสื่อการเรียนรู้เพียงอย่างเดียวแต่เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะตามคุณภาพผู้เรียนตามที่หลักสูตรกำหนด

5. การเรียนรู้กับการพัฒนาเทคโนโลยี

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ที่เกี่ยวข้องในทุกภาคส่วน รวมทั้งภาคการศึกษา ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและการแข่งขันกันทางเศรษฐกิจทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ มีราคาถูกลง ผู้เรียนในปัจจุบันจึงมีอุปกรณ์สื่อสารประกอบกับสถานศึกษาส่วนใหญ่มีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในสถานศึกษาจึงจำเป็นที่ครูผู้สอนต้องทำความเข้าใจเทคโนโลยีเพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยสมรรถนะที่สำคัญของครูวิทยาศาสตร์คือการมีความรู้ด้านเนื้อหาวิชา ด้านการสอน และความเข้าใจบริบทของโรงเรียนและผู้เรียนที่เรียกว่าความรู้ศาสตร์การสอนเฉพาะด้านผ่านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดี ซึ่งเกิดจากการสั่งสมประสบการณ์ ครูผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับศาสตร์ด้านต่าง ๆ ได้แก่ เนื้อหาสาระหรือเนื้อหาวิชาเฉพาะ ความรู้ด้านการสอน และความรู้ด้านบริบท ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ครูผู้สอนทุกระดับทุกรายวิชาจึงต้องปรับการเรียนการสอนของตนเองเพื่อให้ทันการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (พัชรีรัมย์พยอม วิชัยดิษฐ, 2562, น. 24-25)

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศมีผลทำให้บรรยากาศในห้องเรียนเปลี่ยนไป ผู้สอนต้องยอมรับและปรับตัวเพื่อให้เท่าทันเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงและสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งครูผู้สอนวิทยาศาสตร์อาจจะคุ้นชินกับการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียนมาบ้าง

แล้ว เช่น การใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส เครื่องชั่งดิจิทัล เป็นต้น โดย Irving, K. E. (2006) จำแนกการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การเรียนรู้จากเทคโนโลยี (learning from technology) หมายถึง การส่งผ่านข้อมูลต่าง ๆ โดยผ่านเทคโนโลยี การเรียนการสอนในลักษณะนี้ ครูผู้สอนหรือคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ไปยังผู้เรียน โดยผู้เรียนอ่านและทำความเข้าใจข้อมูลเหล่านั้นและความเข้าใจของผู้เรียนจะแสดงออก เมื่อผู้เรียนตอบคำถามหรือแสดงออกได้สอดคล้องกับแนวทางที่ครูกำหนดไว้ ลักษณะการเรียนรู้แบบนี้ผู้เรียนเป็นผู้รับข้อมูล ครูเป็นผู้ส่งสาร แต่ลักษณะของตัวกลางที่ใช้ส่งสารนั้นเปลี่ยนจากการบรรยาย การเขียนกระดาน หรือการฉายภาพบนจอโปรเจคเตอร์ มาเป็นการแสดงข้อมูลบนอุปกรณ์สื่อสาร เช่น แท็บเล็ต ไอแพด โทรศัพท์สมาร์ทโฟน เป็นต้น รูปแบบการเรียนรู้จากเทคโนโลยีลักษณะนี้ ตัวอย่างเช่น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (computer-assisted: CAI) การเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน (computer-based instruction: CBI) หรือระบบติวออนไลน์

2. การเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อกลาง (learning with technology) หมายถึง การสร้างองค์ความรู้โดยการใช้เทคโนโลยี ซึ่งการเรียนรู้ลักษณะนี้ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการสืบค้นข้อมูลผ่านเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ครูต้องสามารถนำเทคโนโลยีมาสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับการเรียน โดยใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิด การสอนในลักษณะนี้ ครูอาจจะใช้ซอฟต์แวร์หรือเว็บไซต์ในการหาข้อมูลเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสนใจและมีส่วนร่วมกับการเรียน ซึ่งควรเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน จากนั้นผู้เรียนอาจใช้อุปกรณ์สื่อสารสืบค้นข้อมูลผ่านเว็บไซต์ หรือออกแบบชิ้นงานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้และสถานการณ์ที่ครูนำมาใช้ เช่น การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สะเต็มศึกษา การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นต้น จากนั้นผู้เรียนอาจได้มีโอกาสทำการอภิปรายในรูปแบบออนไลน์หรือทำงานกลุ่มผ่านระบบออนไลน์ ดังนั้นระบบซอฟต์แวร์ต่าง ๆ จึงสามารถช่วยให้ผู้เรียนประมวลผลข้อมูลหรือช่วยในการนำเสนอข้อมูล โดยนักวิทยาศาสตร์และนักการศึกษาได้ระบุแนวทางในการใช้เทคโนโลยีส่งผ่านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติการสอน ดังนี้ (McCrory, R., 2008)

1. มีความรวดเร็ว โดยใช้สถานการณ์จำลอง (simulation) ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหว (animation) ทางธรณีวิทยา
2. ประหยัดเวลา ในการใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล
3. เห็นภาพในระดับจุลภาค (microscopic level) ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การใช้กล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล

4. เห็นภาพแบบจำลองของสิ่งที่มีความเป็นนามธรรมสูง ยากต่อการทำความเข้าใจ เช่น แบบจำลองอะตอม

ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ครูผู้สอนจึงควรวางแผนการนำเทคโนโลยีมาใช้ ในกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงหลายด้าน โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ไม่ว่าจะเป็นการปฏิบัติการทดลอง การใช้ซอฟต์แวร์เพื่อช่วยทำความเข้าใจในระดับโมเลกุล ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรม หากครูมีความรู้ความเข้าใจในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้จะส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพสูงสุดของผู้เรียน

6. การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้

การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้นั้นไม่ได้มีขั้นตอนหรือรูปแบบที่ตายตัว ขึ้นอยู่กับความพร้อมของห้องเรียน ผู้เรียนและผู้สอน ความมุ่งหมาย ความคาดหวัง รวมถึงรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน (learning style) รูปแบบการสอนของผู้สอน (teaching style) ซึ่งส่งผลให้ชั้นเรียนที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีที่หลากหลาย (พัชรี รมพะยอม วิชัยดิษฐ์, 2562: 29) กรอบและทฤษฎีทางวิชาการ นักวิจัยทางการศึกษาได้สร้างเครื่องมือที่ช่วยให้ครูใช้เป็นกรอบแนวคิดเพื่อนำไปสู่การออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ชื่อว่า Technology Integration Matrix หรือ TIM (Florida Center for Instructional Technology (2016 อ้างถึงใน สุทธิดา จำรัส, 2563: 18-21) ประกอบด้วยการระบุลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่มีระดับของการบูรณาการเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน โดยมีระดับความก้าวหน้าของการบูรณาการ ดังนี้

1. การบูรณาการระดับเริ่มต้น (Entry integration) เป็นระดับที่ครูใช้เทคโนโลยีเพื่อถ่ายทอดเนื้อหาตามหลักสูตรไปสู่ผู้เรียน เนื่องจากการถ่ายทอดโดยตรง ดังนั้นผู้เรียนจึงมักจะไม่มีโอกาสได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น หากจะมีการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีก็จะเป็นการใช้ส่วนบุคคล เช่น การฟังครูบรรยายผ่านการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

2. การบูรณาการระดับรับมาใช้ (Adoption integration) เป็นระดับที่ครูชี้ให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีตามขั้นตอนที่มีแบบแผน เช่น ในคู่มือ เนื่องจากการรับมาใช้ การดำเนินการหรือกิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นไปตามขั้นตอน การใช้สื่อการเรียนรู้อาจจะเป็นไปตามคู่มือหรือขั้นตอนที่ออกแบบไว้แล้ว

3. การบูรณาการระดับประยุกต์ใช้ (Adaptation integration) เป็นระดับที่ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้นักเรียนทำการศึกษา สืบค้นและใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้อย่างอิสระ มีการปรับประยุกต์เพิ่มเติมจากการใช้งานตามคู่มือหรือวิธีเดิมที่เป็นต้นแบบของการเรียนรู้ดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานเทคโนโลยีในการเรียนรู้ให้เข้ากับบริบทห้องเรียนหรือความแตกต่างระหว่างบุคคลมากยิ่งขึ้น

4. การบูรณาการระดับเพิ่มพูน (Infusion integration) เป็นระดับที่ครูสร้างบริบทในการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่ผสมผสานไปกับการเรียนรู้ในห้องเรียนที่ได้อย่างกลมกลืนโดยอาจจะเป็นบทเรียนที่ครูออกแบบไว้อยู่แล้ว ทั้งนี้เครื่องมือที่นำมาบูรณาการช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเลือกใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้มากขึ้น

5. การบูรณาการระดับปฏิรูป (Transformation integration) เป็นการเรียนรู้ระดับที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนใช้เครื่องมือเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ ในแนวทางใหม่ ๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ขั้นสูง ทั้งนี้ครูได้ออกแบบการเรียนรู้ใหม่เนื่องจากการมาถึงของเทคโนโลยีหรือการเข้าถึงเทคโนโลยีซึ่งไม่เคยมีมาก่อน ดังนั้นขั้นปฏิรูปการเรียนรู้นี้จะทำไม่ได้หากปราศจากเทคโนโลยีที่นำมาบูรณาการกับการเรียนรู้ในระดับนี้

คำอธิบายของระดับการบูรณาการดังกล่าวจะเปลี่ยนไปตามบริบทการเรียนรู้แต่ละแบบ ดังนั้นในตารางเมทริกซ์จึงได้แสดงตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ 5 แบบ ประกอบด้วย การเรียนรู้เชิงรุก (Active) การเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructive) การเรียนรู้ที่ใช้เป้าหมายขับเคลื่อน (Goal directed) การเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic) และการเรียนรู้แบบร่วมมือรวมพลัง (Collaborative) เมื่อนำมาสร้างตารางจะเห็นระดับของการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปในรูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน เกิดเป็นตาราง Matrix ดังตาราง 1

ตาราง 1 ระดับของการบูรณาการเทคโนโลยีตามกรอบ Technology Integration Matrix (TIM)

ระดับการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนรู้				
	การบูรณาการระดับเริ่มต้น (Entry)	การบูรณาการระดับรับมาใช้ (Adoption)	การบูรณาการระดับเพิ่ม (Adaptation)	การบูรณาการระดับปฏิรูป (Transformation)
การเรียนรู้เชิงรุก (Active)	รับข้อมูลข่าวสารหรือสารสนเทศจากเทคโนโลยีโดยตรง	ใช้เครื่องมือเทคโนโลยีในการเรียนรู้โดยอาศัยขั้นตอนหรือคู่มือที่ระบุให้	ใช้เทคโนโลยีตามคู่มืออย่างมีอิสระมากขึ้น โดยมีตัวเลือกให้เลือกรหัสลับคนในบางครั้ง	มีตัวเลือกเป็นเครื่องมือเทคโนโลยีอย่างกว้างขวางโดยไม่มีตำราหรือคู่มือให้
การเรียนรู้แบบร่วมมือรวมพลัง (Collaborative)	ใช้เครื่องมือเป็นรายบุคคลเพื่อศึกษาสารสนเทศ	เรียนรู้ร่วมกันผ่านการใช้อุปกรณ์หรือตำรา	ร่วมมือรวมพลังในการใช้เครื่องมือในการเรียนรู้ โดยสามารถตัดสินใจหรือมีทางเลือกในการสืบค้นเพิ่มเติมบ้าง	ร่วมมือกับเพื่อนและศึกษาแหล่งเรียนรู้ภายนอกโดยมีการเรียนรู้ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือเทคโนโลยีในการเรียนรู้
การเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructive)	ใช้เทคโนโลยีถ่ายทอดข้อมูลหรือสารสนเทศให้ผู้เรียนรู้โดยตรง	มีการแนะนำหรือมีตำรา/คู่มือการใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างองค์ความรู้	มีอิสระในการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีในการสร้างองค์ความรู้โดยผู้เรียนมีโอกาสเลือกและสืบค้นในบางครั้ง	ใช้เครื่องมือเทคโนโลยีอย่างกว้างขวางโดยไม่มีตำราหรือคู่มือให้เพื่อสร้างองค์ความรู้
การเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic)	ใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้แต่ไม่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	มีการแนะนำการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ด้วยบริบทที่มีความหมายต่อผู้เรียน	มีตัวเลือกในการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีในการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีผ่านกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน โดยมีโอกาสเลือกและสืบค้นในบางครั้ง	ใช้เทคโนโลยีเป็นวัฏกรรมในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสูงที่เชื่อมโยงบริบทระดับท้องถิ่นหรือระดับโลก
การเรียนรู้ที่เข้าเป้าหมาย (Goal directed)	มีคู่มือการใช้เทคโนโลยีที่ชัดเจนเพื่อทำงานและติดตามการทำงาน	มีคู่มือหรือขั้นตอนเพื่อใช้เครื่องมือในการวางแผนการทำงาน และติดตามการทำงาน	ใช้เครื่องมือในการวางแผนการทำงานและติดตามการทำงานด้วยความยืดหยุ่นและกลมกลืนไปกับการทำงาน	ใช้เครื่องมืออย่างกว้างขวางหรือใช้เครื่องเทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อวางแผนการทำงานและติดตามการทำงาน

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งพัฒนาทักษะของผู้เรียนในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางเทคโนโลยีเพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิด ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวดที่ 9 ในเรื่องเทคโนโลยี เพื่อการศึกษา (มาตรา 63-69) ซึ่งส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเพื่อปฏิรูปการศึกษาในรูปแบบใหม่ที่มี ความเป็นเอกภาพในการสนับสนุนปัจจัยพื้นฐาน การสร้างมาตรฐานเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา ตลอดจนการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ ความสามารถในการปรับใช้สื่อเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาการ เรียนรู้ของนักเรียน อีกทั้งการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับนักเรียนอย่างแท้จริงนั้น ครูต้องมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศในบริบทของเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งสามารถผสมผสานเทคโนโลยีสารสนเทศเข้า กับวิธีสอนได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ดังนั้นความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ครูทุกคนควรได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผู้วิจัยได้ นำเสนอความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีแต่ละประเด็นตามลำดับดังนี้

1. ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักการศึกษาได้ให้ ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ดังนี้

Dwyer, D. C., Ringstaff, C., & Sandholtz, J. H. (1991) ได้ระบุความหมายของ ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีว่า หมายถึง ความรู้ความสามารถของครูที่สามารถนำ เทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการเรียนรู้ซึ่งเกิดจากการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีและความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอน

Pierson, M. E. (2001) ได้ระบุความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและ เทคโนโลยีว่า หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีของครูที่เชื่อมโยงกับแนวคิดของความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอนของครู

Novak, A. M., & Krajcik, J. S. (2006) ได้อธิบายความหมายของความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในมุมมองด้านการสอนวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความรู้ในแนวทางของการ รวมตัวระหว่างเทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือในการเรียนรู้และกลวิธีการสอนในการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์

Angeli, C. (2004); Niess, M. L. (2005); Angeli, C., & Valanides, N. (2009); Valanides, N., & Angeli, C. (2005) ได้อธิบายความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่สอดคล้องกันว่า หมายถึง ความรู้ในการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (technology-enhanced PCK)

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005); Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006) ได้อธิบายความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่สอดคล้องกันว่า หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับกลวิธีสอนและเนื้อหาวิชาเฉพาะรวมทั้งความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดปัญหาในเนื้อหาที่ยากของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอน

Niess, M., & Garofalo, J. (2006) ได้ให้ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ว่า หมายถึง ความรู้ของครูที่จำเป็นสำหรับการออกแบบหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้ และการประเมินหลักสูตรและการสอนด้วยเทคโนโลยี

Doering, A., Veletsianos, G., Scharber, C., & Miller, C. (2009) กล่าวถึง ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีว่าเป็นความรู้ ความสามารถของครูในการบูรณาการเทคโนโลยีเนื้อหา และวิธีสอนภายใต้บริบททางการศึกษา ซึ่งจะส่งผลต่อการประยุกต์ใช้ความรู้ของครูในชั้นเรียน

Graham et al. (2009) ได้ให้ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ว่า หมายถึง ความรู้ความสามารถของครูในการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการส่งผ่านกลวิธีการสอนและตัวแทนความรู้สำหรับการสอนหัวข้อเฉพาะ รวมทั้งสามารถใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในหัวข้อเฉพาะ

Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ได้ให้ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ว่า หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่อาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดในเนื้อหาวิชาโดยใช้เทคโนโลยี

Harris, J., & Hofer, M. (2011) กล่าวว่า ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจที่มีความเชื่อมโยงกันระหว่าง เนื้อหา ศาสตร์การสอน เทคโนโลยีรวมทั้งบริบทในการเรียนรู้

Niess, M. L. (2011) ได้ให้ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ว่า หมายถึง ความรู้ของครูที่จำเป็นสำหรับการออกแบบหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้ และการประเมินหลักสูตรและการสอนด้วยเทคโนโลยี

Voogt et al. (2013) กล่าวว่า ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นฐานความรู้ของครูที่จำเป็นต่อการสอนโดยใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยบูรณาการเทคโนโลยีในบริบทเฉพาะทางการศึกษา ซึ่งครูจะต้องมีศักยภาพในด้านเนื้อหา ด้านวิธีสอน และด้านเทคโนโลยี จึงจะสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอน

Yeh et al. (2014) ได้กล่าวถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หมายถึง ชุดความรู้ที่ครูใช้พัฒนาคุณภาพการสอนและช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้

Hsu, Y. S., Yeh, Y. F., & Wu, H. K. (2015) ได้ให้ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ว่า หมายถึง ความรู้ของครูในการอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยี

Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. ได้กล่าวถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับสื่อเทคโนโลยีที่ใช้เป็นตัวแทนของความรู้ในเนื้อหา รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนที่ใช้เนื้อหาเป็นฐานและเหมาะสมกับสื่อเทคโนโลยี

ดังนั้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้ ความสามารถของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน ซึ่งหากครูเข้าใจความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก็จะมองเห็นถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้

2. ความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครูส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งในส่วนของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหา วิธีสอน และธรรมชาติของผู้เรียน ดังนั้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญต่อครูในการออกแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ จากการศึกษางานวิจัยได้มีนักวิจัยได้อธิบายถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ไว้ดังนี้

McCroory, R. (2008) ได้กล่าวถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ว่า ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นส่วนที่ช่วยให้ครูได้ทราบถึงเนื้อหาในหลักสูตรที่เป็นปัญหาในการสอนหรือการเรียนรู้ เนื่องจากเข้าใจลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีที่มีความสัมพันธ์กับเนื้อหาวิชา ทำให้สามารถแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนได้

Koehler, M., & Mishra, P. (2009) ได้อธิบายถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ว่าเป็นรากฐานของการสอนที่มีประสิทธิภาพโดยใช้เทคโนโลยีและความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยี เทคนิคการสอน เพื่อสร้างแนวทางการสอนในเนื้อหาที่อาจจะง่ายหรือยากต่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม

Niess, M. L. (2011) ได้อธิบายว่า ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมีความสำคัญสำหรับครูในการกำหนดวิธีการออกแบบและปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่มีความจำเพาะ ซึ่งครูจำเป็นต้องมีความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาที่จำเพาะและพิจารณาต่อไปว่าจะเลือกใช้เทคโนโลยีมาช่วยส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่มีความจำเพาะได้อย่างไร

Koehler et al. (2014) ได้กล่าวถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีว่าช่วยให้ครูสามารถระบุความเข้าใจในเนื้อหาเฉพาะของผู้เรียนเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือแนวคิดที่ยากของผู้เรียน รวมทั้งช่วยให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมที่มีความจำเพาะด้านเนื้อหา โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้

Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2017) ได้กล่าวถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไว้ว่า เป็นชุดความรู้ที่ช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถของครูในการออกแบบบทเรียนในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และพัฒนาผลลัพธ์ของนักเรียน

Yeh et al. (2014) ได้อธิบายถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นการปฏิบัติว่าเป็นขอบเขตความรู้ของครูที่มีความจำเพาะซึ่งมีความจำเป็นมากกว่าความรู้ในเนื้อหา รวมทั้งยังอำนวยความสะดวกในการจัดการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน

Hsu, Y. S., Yeh, Y. F., & Wu, H. K. (2015) ได้อธิบายถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นการปฏิบัติ ว่าเป็นความรู้ที่จำเป็นสำหรับการสร้างเนื้อหาในการจัดการเรียนการสอน โดยการใช้เทคโนโลยีเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาและการใช้เทคโนโลยีเพื่อเป็นตัวแทนในการนำเสนอในการจัดการเรียนการสอน

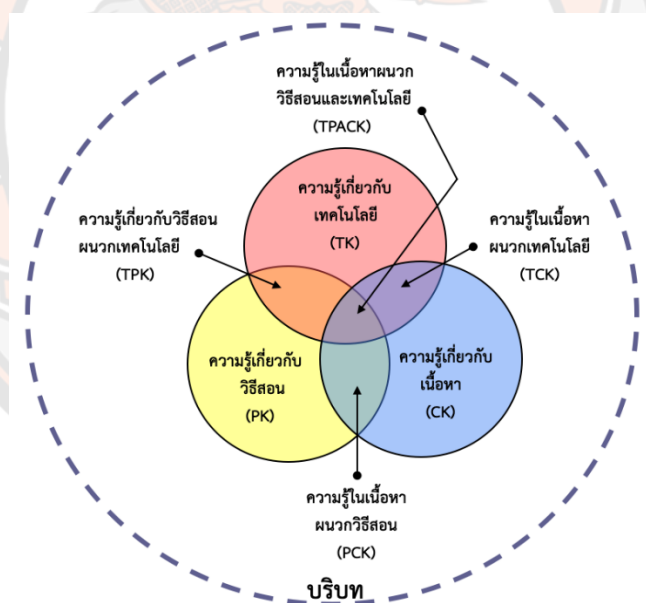
ดังนั้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญต่อการออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครู โดยใช้สื่อเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน ทำให้ครูสามารถวางแผนทางในการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้เกิดกับผู้เรียน นอกจากนี้การตระหนักถึงความสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีครูยังต้องเข้าใจถึงแนวคิด รูปแบบและองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีซึ่งมีนักวิจัยได้เสนอไว้ดังนี้

3. กรอบแนวคิด รูปแบบและองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ประเด็นสำคัญเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีคือการกำหนดกรอบแนวคิดและองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเนื่องจากเป็นเสมือนตัวบ่งชี้ความรู้ ความสามารถของครูในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งมีนักการศึกษาได้กำหนดกรอบแนวคิดและองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Koehler, M., & Mishra, P. (2009) ได้เสนอกรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งได้พัฒนามาจากกรอบแนวคิดของของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของ Shulman, L. S. (1986) จึงได้อธิบายแนวทางการสร้างความเข้าใจของครูในการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาร่วมกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแนวคิดของของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีถูกพัฒนามาโดยตลอดผ่านการตีพิมพ์เผยแพร่ของ Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005) และ Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006)

กรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมีองค์ประกอบหลักในความรู้ของครูอยู่ 3 ส่วน คือ เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี โดยส่วนสำคัญของกรอบแนวคิดคือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ความรู้ในวิธีสอน (pedagogical content knowledge) ความรู้ในเนื้อหาและเทคโนโลยี (technological content knowledge) และความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (technological pedagogical knowledge) ดังภาพ 2



ภาพ 2 กรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ที่มา: Mishra, P., & Koehler, M. J., 2006

เมื่อพิจารณาแผนภาพความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจะพบว่ามีส่วนที่ซ้อนทับกันอยู่ ทั้งหมด 4 ส่วน และส่วนที่ไม่ได้ซ้อนทับกันทั้งหมด 3 ส่วน ดังนั้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงมีองค์ประกอบ 7 องค์ประกอบ โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดและความสำคัญ ดังนี้

1. ความรู้ในเนื้อหา (content knowledge; CK) หมายถึง ความรู้ของครูเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่สอนซึ่งมีความสำคัญสำหรับครูเป็นอย่างมาก รวมไปถึงความรู้ในรูปแบบมโนทัศน์ ทฤษฎี แนวคิด กรอบแนวคิดในการจัดการ ความรู้ที่ประกอบด้วยหลักฐาน เป็นทักษะและแนวทางที่ยอมรับในการพัฒนาความรู้ ซึ่งความรู้และธรรมชาติของการสืบเสาะหาความรู้ที่มีความแตกต่างกันระหว่างสาขาวิชา รวมถึงครูควรเข้าใจความรู้เชิงลึกที่เป็นพื้นฐานในรายวิชาที่สอน ตัวอย่างเช่น ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลโดยใช้หลักฐาน เป็นต้น

2. ความรู้ในวิธีสอน (pedagogical knowledge; PK) หมายถึง ความรู้เชิงลึกของครูเกี่ยวกับกระบวนการและทักษะหรือวิธีสอนและการเรียนรู้ตามเป้าหมายของการจัดการศึกษาโดยสร้างจากการประยุกต์ความรู้เพื่อทำความเข้าใจการเรียนรู้ของผู้เรียน ทักษะการจัดการชั้นเรียน การทำการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับเทคนิคหรือวิธีการปรับใช้ในชั้นเรียนตามธรรมชาติของผู้เรียนและวิธีการประเมินความเข้าใจผู้เรียน หากครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในวิธีสอนเชิงลึกจะทำให้ครูรู้แนวทางในการสร้างความรู้ของนักเรียนและทักษะที่นักเรียนจะได้รับรวมถึงการพัฒนาลักษณะนิสัยและเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น ความรู้ในวิธีสอนต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการทางด้านสติปัญญา ทางด้านสังคม และทฤษฎีในการเรียนรู้เพื่อนำมาปรับใช้ในชั้นเรียน

3. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (pedagogical content knowledge; PCK) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการสอนที่สามารถนำไปปรับใช้กับการสอนในเนื้อหาเฉพาะได้ โดยแนวคิดสำคัญคือการถ่ายทอดเนื้อหาวิชา โดยครูสามารถตีความเนื้อหาวิชา สืบค้นแนวทางที่หลากหลายในการนำเสนอเนื้อหาและสามารถปรับใช้วัสดุอุปกรณ์ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ครูรับรู้เกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและความรู้เดิมของผู้เรียน ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนยังครอบคลุมไปถึงหน้าที่หลักในการสอน การเรียนรู้ หลักสูตร การประเมินผลและรายงานผล ตัวอย่างเช่น เจื่อนไขในการส่งเสริมการเรียนรู้และทำการเชื่อมโยงระหว่างหลักสูตร การประเมิน และการสอน ความตระหนักในแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและแนวทางในการติดตามนักเรียนจึงมีความสำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างความแตกต่างในแนวคิดที่ใช้เนื้อหาเป็นฐาน ความรู้เดิมของผู้เรียน กลวิธีการสอนทางเลือกและความยืดหยุ่นที่มาจากการสำรวจด้วยวิธีทางเลือกเพื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ

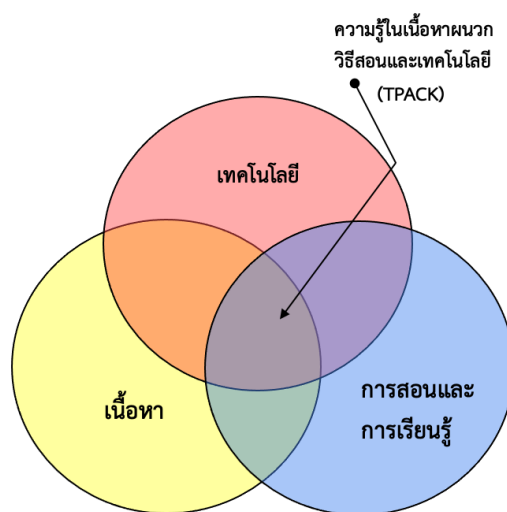
4. ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (technology knowledge; TK) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อการสืบค้น นำเสนอ ประมวลผล แลกเปลี่ยนและเผยแพร่สารสนเทศในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตัวอักษร ภาพ เสียง โดยมีเทคโนโลยีที่สำคัญ ได้แก่ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคม และเทคโนโลยีระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

5. ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (technological content knowledge; TCK) หมายถึง ความเข้าใจวิธีการในการใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา ซึ่งครูจำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชาที่สอนรวมทั้งมีความเข้าใจเชิงลึกในวิธีการการสร้างตัวแทนของเนื้อหาวิชาจากการใช้เทคโนโลยี เช่น แอปพลิเคชัน อีกทั้งครูจำเป็นต้องเข้าใจเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะในสถานการณ์ของการเรียนรู้ตามเนื้อหาวิชา

6. ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (technological pedagogical knowledge; TPK) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจแนวทางในการสอนและการเรียนรู้ที่สามารถเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีในวิธีที่จำเพาะ รวมไปถึงการรู้วิธีการและข้อจำกัดในวิธีสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสร้างปฏิสัมพันธ์ในเนื้อหาวิชาและออกแบบวิธีสอนที่เหมาะสม ในการสร้างความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ครูต้องมีความเข้าใจเชิงลึกในความสามารถและข้อจำกัดของเทคโนโลยีและบริบทของรายวิชา

7. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical content knowledge; TPACK) หมายถึง ความเข้าใจที่ผสมรวมการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชา วิธีสอน และเทคโนโลยี ภายใต้การสอนที่ต้องมีทักษะเชิงลึกในการใช้เทคโนโลยี กล่าวคือ พื้นฐานของการสอนที่มีประสิทธิภาพโดยใช้เทคโนโลยีจำเป็นต้องมีความเข้าใจในแนวคิดของการใช้เทคโนโลยี เทคนิคการสอนที่ใช้เทคโนโลยีในการสร้างแนวทางการสอนเนื้อหา ความรู้ในการสร้างแนวคิดที่ง่ายต่อการเรียนรู้และใช้เทคโนโลยีช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้ของผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับความรู้เดิมของผู้เรียนและทฤษฎีของวิธีการได้มาซึ่งความรู้รวมทั้งความรู้ในแนวทางที่สามารถสร้างความรู้ใหม่ด้วยเทคโนโลยี

Niess, M. L. (2005) ได้เสนอรูปแบบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงกันระหว่างเนื้อหา เทคโนโลยี รวมทั้งการสอนและการเรียนรู้ ซึ่งได้ขยายความศาสตร์การสอน (pedagogy) ซึ่งมีความไม่ชัดเจนมาเป็นความรู้นำเข้า (input) คือ การสอนและการเรียนรู้ (teaching and learning) ซึ่งเป็นความรู้ที่ผสมกันระหว่างความรู้ด้านหลักสูตร ด้านผู้เรียน และด้านโรงเรียนกับศาสตร์การสอน ดังภาพ 3

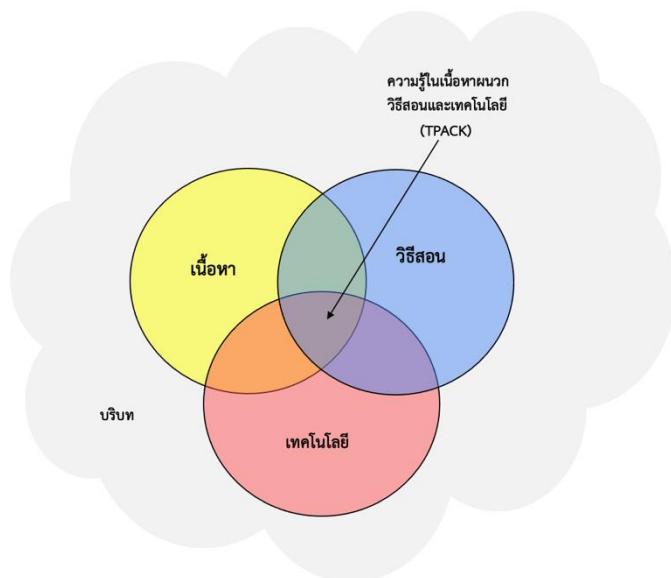


ภาพ 3 รูปแบบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ที่มา: Niess, M. L., 2005

รูปแบบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีนี้ได้เน้นถึงแนวทางในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งผู้สอนต้องมีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชาที่สอน โดยการพิจารณาการเรียนรู้ของบุคคลและการสร้างความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอนโดยใช้วิธีการสอนที่เหมาะสมแล้วจึงนำเทคโนโลยีมาส่งเสริมการจัดการเรียนการสอน กล่าวคือเป็นการนำเทคโนโลยีมาสนับสนุนการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนในรายวิชาที่สอน

Doering, A., Veletsianos, G., Scharber, C., & Miller, C. (2009) ได้เสนอรูปแบบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในบริบทการศึกษาที่ผสมผสานความรู้หลายด้านจากมุมมองและบริบททางการศึกษาตามแนวทางการประยุกต์ใช้ความรู้ของครูในห้องเรียนรวมทั้งความรู้ในด้านการสอนและการปฏิบัติการสอน ดังภาพ 4

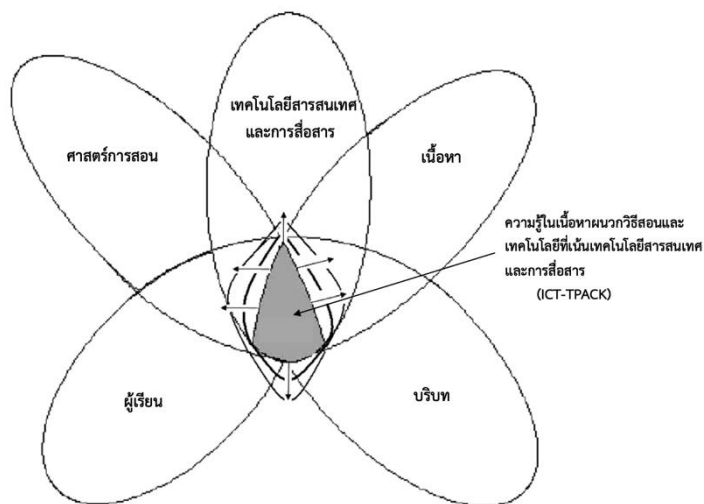


ภาพ 4 รูปแบบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ที่มา: Doering, A., Veletsianos, G., Scharber, C., & Miller, C., 2009

Angeli, & Valanides (2009) ได้เสนอรูปแบบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT-TPACK) ซึ่งประกอบด้วย 1) ความรู้ในเนื้อหา รวมทั้งความเข้าใจข้อเท็จจริงและโครงสร้างด้านเนื้อหา 2) ความรู้ในวิธีสอนซึ่งเป็นหลักการและกลวิธีสอน การจัดการชั้นเรียน การจัดการกับปัญหาที่พบในเนื้อหาวิชา 3) ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะเฉพาะและแนวคิดที่มีมาก่อนของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การจัดการสถานการณ์ในการเรียนรู้ 4) ความรู้ด้านบริบทจากการปฏิบัติงานในชั้นเรียน คุณลักษณะและเป้าหมายของการศึกษาภายใต้ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้และการสอนของครู 5) ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นความรู้เกี่ยวกับระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ รวมทั้งการใช้เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์ต่าง ๆ โดยความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารนี้เป็นความรู้เฉพาะด้านซึ่งทำให้ครูเกิดสมรรถนะในด้านการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีส่งเสริมการเรียนรู้ ดังนั้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจึงเป็นความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ วิธีสอน เนื้อหา ผู้เรียน และบริบทซึ่งนำมาสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาที่เป็นปัญหาของผู้เรียนหรืออยากต่อการนำเสนอของครูซึ่งสามารถเปลี่ยนผ่านการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รวมทั้งความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธี

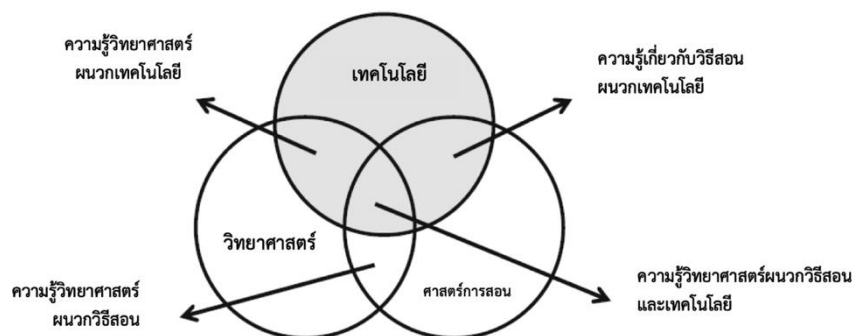
สอนและเทคโนโลยีที่เน้นเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารยังเป็นองค์ความรู้ซึ่งเติบโตอย่างต่อเนื่องด้วยการกระตุ้นในประสบการณ์สอนที่มากขึ้น ดังภาพ 5



ภาพ 5 รูปแบบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT-TPACK)

ที่มา: Angeli, C., & Valanides, N., 2009

Jimoyiannis, A. (2010) ได้เสนอกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical science knowledge; TPASK) สำหรับการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โดยสร้างจากกรอบแนวคิด ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical content knowledge; TPACK) (Mishra, & Koehler, 2006) ซึ่งขอบเขตของ TPASK ได้มีประยุกต์ให้เข้ากับบริบทของโปรแกรมผู้ฝึกหัดครูเพื่อบูรณาการเทคโนโลยีกับการปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนผ่านการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิทยาศาสตร์ วิธีสอนและเทคโนโลยี ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ 1) ความรู้ในวิธีสอนวิทยาศาสตร์ (Pedagogical science knowledge; PSK) 2) ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกเทคโนโลยี (Technological science knowledge; TSK) 3) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (Technological pedagogical knowledge; TPK) และ 4) ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical science knowledge; TPASK) ตามภาพ 5 และมีรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้



ภาพ 6 กรอบแนวคิดความรู้ในวิทยาศาสตร์ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPASK)

ที่มา: Jimoyiannis, A., 2010

1. ความรู้ในวิธีสอนวิทยาศาสตร์ (Pedagogical science knowledge; PSK) หมายถึง ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ หรือโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ข้อเท็จจริง หลักการ ทฤษฎี กฎ ปรัชญาวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หลักสูตร วิทยาศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์ ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย การเรียนรู้ของผู้เรียน กลวิธีการ เรียนรู้ ศาสตร์การสอน และบริบททางการศึกษา

2. ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกเทคโนโลยี (Technological science knowledge; TSK) หมายถึง ความรู้ ความสามารถในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะต่อ เนื้อหาวิชาในการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น สื่อสถานการณ์จำลอง ภาพเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกับเนื้อหา รวมถึงการนำวิธีการหรือเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์

3. ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (Technological pedagogical knowledge; TPK) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาที่ไม่จำเพาะต่อเนื้อหาวิชา ความรู้ในแนวทางที่ส่งเสริมกลวิธีสอนที่จำเพาะในชั้นเรียน รวมถึงความสามารถในการเลือกใช้ เครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ในบริบทการสอน

4. ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical science knowledge; TPASK) หมายถึง ผลลัพธ์ของการบูรณาการทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ในวิธีสอนวิทยาศาสตร์ ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกเทคโนโลยี และ ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี โดยจะมีความแตกต่างกันในสาขาวิชาทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา หรือเทคโนโลยี ดังนั้นความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงเป็น ตัวแทนในสิ่งที่ครูวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในวิทยาศาสตร์ศึกษา

Yeh et al. (2014) ได้เสนอกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นการปฏิบัติ (TPACK-Practical) ซึ่งมีความเหมาะสมกับครูประจำการมากขึ้น เนื่องจากช่วยลดช่องว่างระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติในการสอนร่วมกับเทคโนโลยี ไปด้วยความรู้ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านผู้เรียน 2) ด้านเนื้อหาวิชา 3) ด้านการออกแบบหลักสูตร 4) ด้านการปฏิบัติการสอน และ 5) ด้านการประเมินผลการเรียนรู้ โดยแต่ละด้านสามารถจำแนกเป็นความรู้ความสามารถ 8 ประการ ได้แก่ 1) การใช้เทคโนโลยีเพื่อทำความเข้าใจผู้เรียน 2) การใช้เทคโนโลยีเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาวิชา 3) การใช้เทคโนโลยีในกระบวนการออกแบบหลักสูตร 4) การใช้เทคโนโลยีเป็นตัวแทนนำเสนอ 5) การใช้เทคโนโลยีบูรณาการกับกลวิธีการสอน 6) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน 7) การใช้เทคโนโลยีในบริบทการสอน และ 8) การใช้เทคโนโลยีในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังภาพ 7



ภาพ 7 กรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นการปฏิบัติ

ที่มา: Yeh et al., 2014

เมื่อพิจารณาแผนภาพกรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เน้นการปฏิบัติ (TPACK-Practical) จะพบว่ากรอบแนวคิดแบ่งเป็น 4 มิติ ได้แก่ มิติด้านผู้เรียน มิติด้านการเป็นตัวแทน มิติด้านความสามารถในการใช้เครื่องมือ และมิติด้านวิธีสอน โดยกรอบแนวคิดนี้แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ที่ประกอบด้วยความรู้ความสามารถ 8 ประการ ตามรายละเอียด ดังนี้

1. ด้านผู้เรียน ครูควรมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อทำความเข้าใจผู้เรียน รู้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เรียนมากขึ้น ระบุปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งสามารถใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนเพื่อช่วยเหลือผู้เรียนซึ่งมีรูปแบบในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

2. ด้านเนื้อหาวิชา ครูควรมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาและสามารถระบุหัวข้อในรายวิชาที่ใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอได้ดีขึ้น

3. ด้านการออกแบบหลักสูตร ครูควรมีความสามารถในการออกแบบหลักสูตรที่มีกระบวนการใช้เทคโนโลยี สามารถประเมินปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการวางแผนหลักสูตร สามารถใช้เทคโนโลยีในการออกแบบบทเรียนและแก้ปัญหาการสอนที่มีอุปสรรคที่จะสัมฤทธิ์ผล รวมทั้งการเลือกใช้เทคโนโลยีในการเป็นตัวแทนนำเสนอเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ตลอดจนการแสดงกลวิธีสอนที่เหมาะสมในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้และสามารถประยุกต์กลวิธีสอนที่เหมาะสมกับเทคโนโลยี

4. ด้านการปฏิบัติการสอน ครูควรมีความสามารถในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้และสามารถใช้เทคโนโลยีอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทการสอน

5. ด้านการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน ครูควรมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน สามารถระบุความแตกต่างระหว่างการประเมินโดยใช้เทคโนโลยีและการประเมินแบบดั้งเดิม รวมทั้งการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียน

Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ได้แสดงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในทางปฏิบัติ (TPACK-in-Practice) ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (technological content knowledge; TCK) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการใช้เนื้อหาที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีในการเรียนการสอนรวมทั้งความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิชา โดยเป็นการบูรณาการระหว่างความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (TK) และความรู้ในเนื้อหา (CK)

2. ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (technological pedagogical knowledge; TPK) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับความสามารถในการปฏิบัติการสอนทั้งในการวางแผนบทเรียนโดยใช้

เทคโนโลยีที่เหมาะสมและนำบทเรียนไปใช้ โดยเป็นการบูรณาการระหว่างความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (TK) และความรู้ในวิธีสอน (PK)

3. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (technological pedagogical content knowledge; TPACK) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับสื่อเทคโนโลยีที่ใช้เป็นตัวแทนของความรู้ในเนื้อหา รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนที่ใช้เนื้อหาเป็นฐานและเหมาะสมกับสื่อเทคโนโลยีโดยเป็นการบูรณาการระหว่างความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (TK) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK)

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัย ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่นักวิจัยด้านครุศึกษาและวิทยาศาสตร์ศึกษาได้เสนอไว้ในงานวิจัย ดังตาราง 2



ตาราง 2 องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

นักวิจัย	องค์ประกอบ	Pierson, M. E. (2001)	Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006)	Niess, M., & Garofalo, J. (2006)	Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009)	Doering, A., Velestianos, G., Scharber, C., & Miller, C. (2009)	Angeli, C., & Valanides, N. (2009)	Jimoyiannis, A. (2010)	Niess, M. L. (2011)	Porras-Hernández, L. H., & Salinas-Amescua, B. (2013)	Benton-Borghí, B. H. (2013)	Yeh et al. (2014)
	1. ความรู้ในเนื้อหา (CK)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	2. ความรู้ในวิธีสอน (PK)	●	●			●	●	●	●	●	●	●
	3. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK)	●	●			●	●	●	●	●	●	●
	4. ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK)	●	●			●	●	●	●	●	●	●
	5. ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี(TCK)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	6. ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	7. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

จากตาราง 2 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่นักวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาคือ ความรู้ในเนื้อหา (CK) ความรู้ในวิธีสอน (PK) ความรู้ในวิธีสอน (TK) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ซึ่งล้วนแล้วแต่มีรากฐานมาจากงานวิจัยของ Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หากครุมีความรู้ความเข้าใจต่อปัจจัยเหล่านี้ก็จะช่วยให้นำความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ภายใต้บริบทและปัจจัยต่างๆ ได้อย่างเท่าทัน

4. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาวิชามีองค์ประกอบหลักได้แก่ ความรู้ในเนื้อหา ความรู้ในวิธีสอน และความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นบริบทของนักเรียน บริบทของสถานศึกษา นักวิจัยจึงได้อธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไว้ดังนี้

Brickner, D. L. (1996) ได้จัดกลุ่มปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ปัจจัยภายนอก ได้แก่ การเข้าถึงทรัพยากรทางเทคโนโลยี ความสามารถในการใช้งานและคุณภาพของซอฟต์แวร์ การวางแผนเรื่องเวลาสำหรับบทเรียนที่มีการเน้นการใช้เทคโนโลยี และการสนับสนุนด้านเทคนิค 2) ปัจจัยภายใน ได้แก่ ความเชื่อของครูเกี่ยวกับการสอน เทคโนโลยี บริบทและวัฒนธรรมของโรงเรียน รูปแบบการจัดการเรียนการสอน และการเปิดใจในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเป็นปัจจัยภายในนี้เป็นสิ่งที่ยากต่อการกำหนดผลลัพธ์

Shamburg, C. (2004) ได้อธิบายว่า บริบทของครูวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อการรับรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาที่มีความจำเพาะ รวมถึงการปฏิบัติการสอนของครู เช่น ภาระงานของครูที่มีปริมาณมากส่งผลให้ครูไม่มีเวลาในการเตรียมความรู้และออกแบบการสอนที่มีการบูรณาการเทคโนโลยี

Niess, M. L. (2005) ได้กล่าวว่าความรู้ ความเชื่อของครูมีผลต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ในมุมมองความเชื่อเกี่ยวกับเทคโนโลยีและความเชื่อเกี่ยวกับวิธีสอน หากครุมีความรู้ด้านเทคโนโลยีจะส่งการปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ แต่หากครุรู้สึกว่าการใช้เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่ไม่สะดวกในการจัดการเรียนการสอนครุก็จะมีความเชื่อว่านักเรียนสามารถเรียนรู้และมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีกว่าการใช้เทคโนโลยี

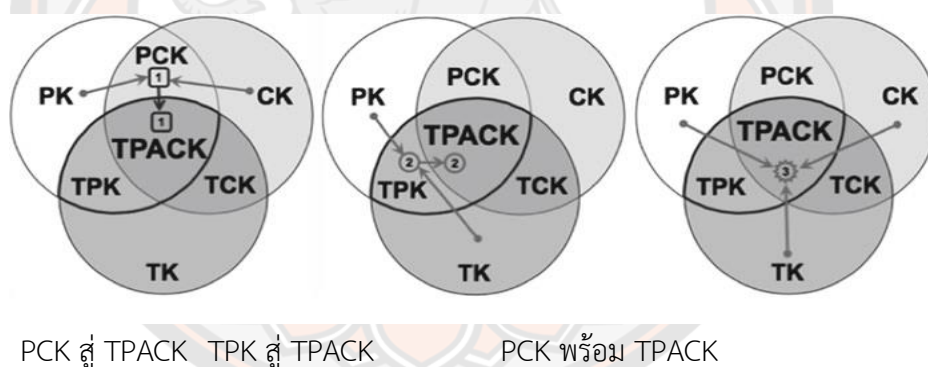
Guzey, S. S., & Roehrig, G. H (2009) ได้อธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้แก่ 1) บริบทโรงเรียนที่สามารถใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีและคุณลักษณะของนักเรียนที่สามารถใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีได้ 2) การตัดสินใจในการ

จัดการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยการสะท้อนการปฏิบัติ ความรู้ในกบวลวิธี ความรู้เกี่ยวกับนักเรียน และ จุดประสงค์ในการจัดการเรียนการสอน

ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูซึ่งจะสะท้อนให้เห็นความรู้ ความเชื่อของครูในการพัฒนาวิชาชีพ รวมถึงการสนับสนุนของผู้บริหารในปัจจัยด้านทรัพยากรเกี่ยวกับเทคโนโลยีต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งเสริมปัจจัยด้านต่าง ๆ ให้บรรลุตามเป้าหมายของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

5. รูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นเรื่องสำคัญและเป็นประเด็นของการวิจัยเพื่อนำข้อค้นพบไปใช้ในทางครุศึกษาและการพัฒนาวิชาชีพครู โดย Koehler et al. (2014) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีทั้งของครูประจำการและนักศึกษาครู ซึ่งมี 3 รูปแบบ คือ 1) จาก PCK สู่ TPACK 2) จาก TPK สู่ TPACK และ 3) การพัฒนา PCK และ TPACK ไปพร้อมกัน โดยมีรายละเอียดดังภาพ 8



ภาพ 8 รูปแบบการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ที่มา: Koehler et al., 2014

1. รูปแบบที่ 1 จาก PCK สู่ TPACK

แนวทางการพัฒนาตามรูปแบบนี้ คือ เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่ช่วยสนับสนุนหรือส่งเสริม กลวิธีการสอนที่ครูใช้อยู่แล้วในห้องเรียน โดยการพัฒนาครูจะเริ่มจากการพัฒนา PCK ของครู ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยี แล้วจึงค่อยให้ครูได้เรียนรู้วิธีการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่สามารถ ส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนได้ แนวทางนี้จะเป็นการนำเทคโนโลยีมาเพิ่มประสิทธิภาพ

ของการจัดการเรียนการสอนที่ครูมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว กล่าวคือเป็นการพัฒนาความเข้าใจและความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเฉพาะที่สอน

2. รูปแบบที่ 2 จาก TPK สู่ TPACK

แนวทางการพัฒนาตามรูปแบบนี้ คือ การพัฒนาองค์ประกอบด้านเทคโนโลยีก่อน ได้แก่ ด้านความรู้ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี เช่น หลักการ วิธีการ แนวทางการใช้ และลักษณะของเทคโนโลยีต่าง ๆ ในภาพกว้าง โดยไม่เจาะจงกับวิธีสอนและเนื้อหาใด

3. รูปแบบที่ 3 การพัฒนา PCK พร้อมกับ TPACK

แนวทางการพัฒนาตามรูปแบบนี้ คือ การบูรณาการเทคโนโลยีในวิธีสอนที่มีเนื้อหาเฉพาะ มุ่งเน้นการได้เรียนรู้การใช้เทคโนโลยีในเนื้อหาวิชาที่สอน โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละเนื้อหา ความท้าทายของการพัฒนาตามรูปแบบนี้คือ ความรู้ความสามารถที่ครูต้องพัฒนามีหลายด้าน ทั้งในด้านเนื้อหา ด้านการสอน และด้านการใช้เทคโนโลยี ซึ่งต้องเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน

ดังนั้นการใช้รูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงขึ้นอยู่กับกลุ่มเป้าหมายของการพัฒนาวิชาชีพ โดยศึกษาการรับรู้ ความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของกลุ่มเป้าหมายก่อน เพื่อนำผลจากการศึกษาในเบื้องต้นมาเป็นข้อมูลในการออกแบบโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพตามรูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีทั้ง 3 รูปแบบเพื่อให้อาคารสร้างแนวทางการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

6. การวัดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี พบว่า มีนักวิจัยสร้างเครื่องมือวัดหลายประเภทและใช้วิธีการวัด ดังนี้

6.1 แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาความเข้าใจในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนของครู ส่วนใหญ่นิยมใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยผู้วิจัยมีการเตรียมข้อคำถามไว้อย่างคร่าว ๆ ซึ่งข้อคำถามควรสะท้อนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หากในระหว่างการสัมภาษณ์ผู้สัมภาษณ์มีประเด็นข้อสงสัยที่อยู่นอกเหนือจากข้อคำถามที่เตรียมมาสามารถตั้งคำถามใหม่ขึ้นมาได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ได้ขยายความหรือให้ข้อมูลเพิ่มเติม

งานวิจัยที่ศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีส่วนใหญ่จะการใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการตีความโดยการลงรหัสข้อมูล (coding) เพื่อระบุข้อความที่สอดคล้องและมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาพิจารณาความสอดคล้องกับแบบสำรวจ โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมพัฒนาวชิพครูจะทำการสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวชิพ ตัวอย่างเช่น

Kafyulilo, A., Fisser, P., & Voogt, J. (2016); Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาผ่านการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวชิพ โดยใช้ข้อคำถามในการสัมภาษณ์เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 3

ตาราง 3 ข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ข้อคำถาม	คำตอบ
1) คุณร่วมมือกับครูท่านอื่นในการออกแบบและสอนบทเรียนที่บูรณาการเทคโนโลยีอย่างไร	
2) คุณพัฒนาเทคโนโลยีอะไรที่บูรณาการความรู้และทักษะที่เมื่อร่วมมือกับทีมออกแบบบทเรียน	
3) นักเรียนของคุณเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร	
4) คุณตัดสินใจในสิ่งที่สอนอย่างไร	
5) สิ่งใดที่แสดงให้เห็นว่าคุณสอนวิทยาศาสตร์ด้วยเครื่องมือทางเทคโนโลยี	
6) คุณใช้การสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนบ่อยแค่ไหน	
7) คุณสามารถยกตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้หรือไม่	
8) สิ่งใดที่คุณพิจารณาระหว่างการวางแผนในบทเรียนที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้	

6.3 แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

แบบสังเกตการปฏิบัติการสอนเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการปฏิบัติการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีของครู ส่วนใหญ่เป็นรูปแบบตรวจตามรายการ (check list) และใช้การให้ระดับคะแนนแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) ซึ่งมีการให้คะแนน 5 ระดับ โดยประเด็นที่ใช้ในการสังเกตควรสะท้อนถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครู จากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพจะใช้แบบสังเกตการปฏิบัติการสอนของครูในรูปแบบตรวจตามรายการเพื่อนำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยเทียบกับระดับคุณภาพที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

Campbell, T., & Abd-Hamid, N. H. (2013; Kafyulilo, A., Fisser, P., & Voogt, J. (2016) ได้ศึกษาความสามารถในการปฏิบัติการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีของครูจากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครู โดยใช้ประเด็นจากแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน ดังตาราง 4

ตาราง 4 ประเด็นที่ใช้ในการสังเกตการณ์ปฏิบัติการสอน

ประเด็นในการสังเกต	ระดับ				
	0 ไม่พบ	1	2	3	4 พบมาก
1. การแนะนำเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี 1.1) มีการแนะนำและแสดงบริบทของวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายโดยใช้เทคโนโลยีในรูปแบบต่าง ๆ 1.2) นักเรียนใช้เทคโนโลยีอย่างมีความหมายและเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์					
2. การใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเหมาะสมกับวิธีสอน 2.1) ครูใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน 2.2) ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูล 2.3) ใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยนักเรียนในการร่วมกันกันสร้างความรู้และการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
3. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีเกิดประโยชน์ตามคุณสมบัติของเทคโนโลยี 3.1) ครูใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอเนื้อหาที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรม 3.2) ครูใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยผู้เรียนสำรวจหัวข้อที่มีความลึกซึ้ง					

ประเด็นในการสังเกต	ระดับ				
	0 ไม่พบ	1	2	3	4 พบมาก
4. เทคโนโลยีควรสร้างภาพทางวิทยาศาสตร์ที่เข้าถึงได้มากขึ้น					
4.1 ครูใช้เทคโนโลยีในปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างมโนภาพ การสร้างแบบจำลองและตัวแทนความคิดที่หลากหลาย					
4.2 ครูใช้เทคโนโลยีเช่นสถานการณ์จำลอง เพื่อเป็นตัวแทนความคิดของเนื้อหาที่ยากต่อการนำเสนอ					
5. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่ควรพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์					
5.1 ใช้เทคโนโลยีนำเสนอความรู้ในการประยุกต์ใช้เพื่อจัดการกับธรรมชาติ และให้ความสำคัญกับกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี					
5.2 ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนในการสะท้อนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์					

6.4 แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีของครู ส่วนใหญ่เป็นรูปแบบตรวจสอบตามรายการ (check list) และใช้การให้ระดับคะแนนแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) ซึ่งมีกรให้คะแนน 5 ระดับ โดยประเด็นที่ใช้ในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ควรสะท้อนถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูจะทำการประเมินความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูจากแผนการจัดการเรียนรู้ระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ เพื่อนำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยเทียบกับระดับคุณภาพที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

Kafyulilo, A. C., Fisser, P., & Voogt, J. (2015) ศึกษาการใช้รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพภายใต้กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นักวิจัยได้ใช้แบบประเมินแผนการ

จัดการเรียนรู้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตัวอย่างข้อคำถามในแบบสังเกต โดยใช้ระดับคะแนน 5 ระดับ (Likert scale) คือ 1 ต้องปรับปรุง 2 พอใช้ 3 ดี 4 ดีมาก 5 ยอดเยี่ยม ดังตาราง 5

ตาราง 5 ประเด็นในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

องค์ประกอบ	ประเด็น	ระดับ				
		1	2	3	4	5
TPACK						
TK	มีข้อมูลที่เพียงพอเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียน					
TCK	เทคโนโลยีที่เลือกใช้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตร					
TPK	เทคโนโลยีที่เลือกใช้สนับสนุนกลวิธีการสอน					
TPACK	เทคโนโลยีที่เลือกใช้มีความสอดคล้องกับหลักสูตรและกลวิธีการสอน					

6.5 แบบสำรวจการติดตามผล

แบบสำรวจการติดตามผล (follow up survey) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความคิดเห็นของครูจากการสะท้อนความคิดหลังจากที่ได้ร่วมกันออกแบบบทเรียนและนำบทเรียนไปใช้สอนในห้องเรียนซึ่งจะมีประเด็นในการสะท้อนและข้อคำถามแต่ละประเด็น โดยให้ระดับคะแนนแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) ซึ่งมีการให้คะแนน 5 ระดับ ประเด็นที่ใช้ในการตรวจสอบความคิดเห็นของครูจากการสะท้อนความคิดควรสะท้อนถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำมาพิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยเทียบกับระดับคุณภาพที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

Kafyulilo, A. C., Fisser, P., & Voogt, J. (2015) ศึกษาการใช้รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพภายใต้กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นักวิจัยได้ใช้แบบสำรวจการติดตามผล (follow up survey) เพื่อวัดความคิดเห็นของครูในกระบวนการออกแบบบทเรียน โดยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการสะท้อนผลของการนำบทเรียนที่ครูร่วมกันออกแบบไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ตัวอย่างข้อคำถามในแบบสำรวจการติดตามผล โดยใช้ระดับคะแนน 5 ระดับ (Likert scale) คือ 1 ต้องปรับปรุง 2 พอใช้ 3 ดี 4 ดีมาก 5 ยอดเยี่ยม ดังตาราง 6

ตาราง 6 ประเด็นในการสะท้อนบทเรียน

ประเด็นสะท้อน	ข้อคำถาม
1. การชี้แนะในความร่วมมือ	การชี้แนะให้ข้อมูลที่เพียงพอเกี่ยวกับกลุ่มครูที่ร่วมกันออกแบบบทเรียน
2. เครื่องมือออนไลน์	เครื่องมือในการเรียนรู้ออนไลน์ง่ายต่อการออกแบบบทเรียนที่ช่วยให้ใช้เวลาได้เพียงพอ
3. บทเรียนตัวอย่าง	บทเรียนตัวอย่างช่วยให้ฉันเข้าใจว่าควรจะทำแบบบทเรียนอะไรและออกแบบบทเรียนอย่างไรโดยใช้เทคโนโลยี
4. ผู้เชี่ยวชาญ	ฉันได้เรียนรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีเป็นอย่างมากจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้ช่วยเหลือในทีมออกแบบบทเรียน

ตาราง 7 สรุปเครื่องมือวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือวิจัย	วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	ระยะที่ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ		
		ก่อนเข้าร่วม	ระหว่างเข้าร่วม	หลังเข้าร่วม
1. แบบสัมภาษณ์	ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดย	✓		✓
2. แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน	การตีความและลงรหัสข้อมูล		✓	
3. แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้		✓	✓	
4. แบบสำรวจติดตามผล			✓	

จากตาราง 7 จะเห็นว่าเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการวัดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมี 4 ประเภท ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสำรวจติดตามผล ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพและระหว่างเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ โดยแบบสำรวจใช้สถิติบรรยายในการวิเคราะห์ข้อมูล ส่วนแบบสัมภาษณ์ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสำรวจติดตามผลใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดยการตีความและลงรหัสข้อมูล

การพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

1. แนวคิดการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

Loucks-Horsley et al. (2010) ได้เสนอกรอบแนวคิดในการออกแบบการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 7 องค์ประกอบ ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 ตั้งวิสัยทัศน์และมาตรฐาน (Commit to vision & Standard)

องค์ประกอบที่ 2 วิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนและข้อมูลอื่น (Analyze Student Learning & Other Data)

องค์ประกอบที่ 3 ตั้งเป้าหมาย (Set goals)

องค์ประกอบที่ 4 วางแผน (Plan)

องค์ประกอบที่ 5 ลงมือปฏิบัติ (Do)

องค์ประกอบที่ 6 ประเมินผล (Evaluates Results)

องค์ประกอบที่ 7 สะท้อนและปรับปรุง (Reflect & Revise)

โดยอาศัยตัวป้อนเข้า (input) ที่เป็นส่วนช่วยนักพัฒนาวิชาชีพในการตัดสินใจในการออกแบบกระบวนการพัฒนาวิชาชีพ 4 ตัว ได้แก่

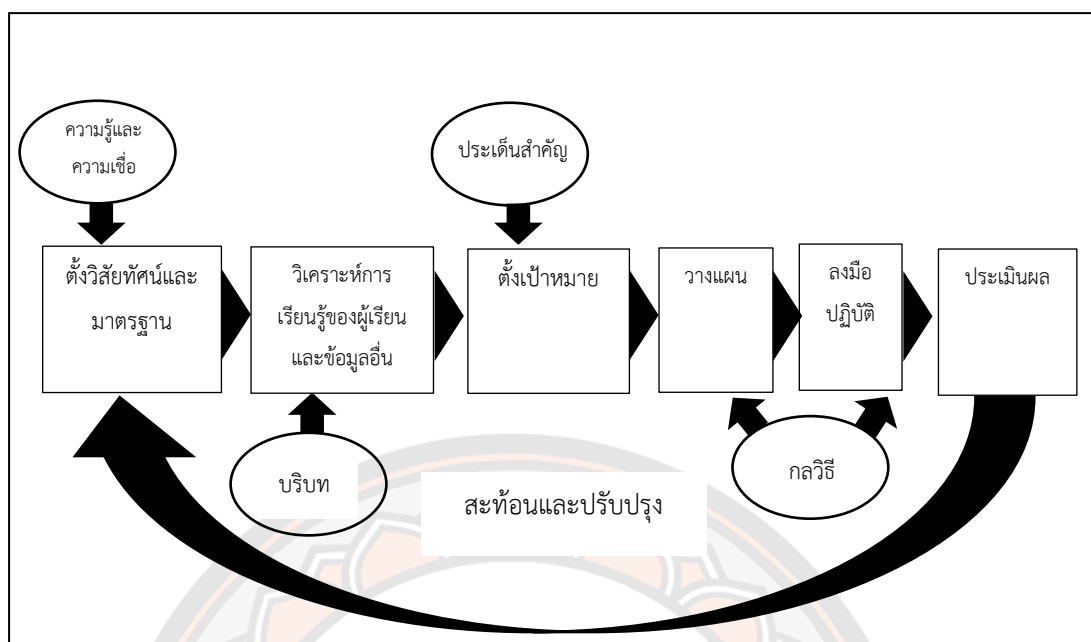
ตัวป้อนเข้าที่ 1 ความรู้และความเชื่อ (Knowledge & Beliefs)

ตัวป้อนเข้าที่ 2 บริบท (Context)

ตัวป้อนเข้าที่ 3 ประเด็นสำคัญ (Critical Issues)

ตัวป้อนเข้าที่ 4 กลวิธีเรียนรู้วิชาชีพ (Strategies)

ในส่วนของการใช้กลวิธีเรียนรู้วิชาชีพ (Strategies) จะขึ้นอยู่กับการวางแผน (Plan) และการลงมือปฏิบัติ (Do) ดังภาพ 9 โดยมีรายละเอียดของ 7 องค์ประกอบและบริบท ดังนี้



ภาพ 9 กรอบแนวคิดในการออกแบบการพัฒนาวิชาชีพครู

ที่มา: Loucks-Horsley et al., 2010

องค์ประกอบที่ 1 ตั้งวิสัยทัศน์และมาตรฐาน (Commit to vision & Standard)

ผู้พัฒนาครูจะต้องอาศัยพื้นฐานความรู้และความเชื่อต่าง ๆ มาสนับสนุนการกำหนดวิสัยทัศน์ และเป้าหมายของการพัฒนาวิชาชีพครู เช่น ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิชา ความรู้เกี่ยวกับการประเมินตามสภาพจริง ความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้ เป็นต้น นอกจากนี้อาจต้องนำผลการวิจัยต่าง ๆ มาร่วมพิจารณาเป้าหมายของการพัฒนาครูต่อไป โดยอาศัยตัวป้อนเข้า (input) ได้แก่ ความรู้และความเชื่อ (knowledge and beliefs) ในขั้นตอนนี้ผู้พัฒนาครูต้องอาศัยพื้นฐานความรู้และความเชื่อต่าง ๆ มาสนับสนุนการกำหนดเป้าหมายของการพัฒนาวิชาชีพครูประกอบกับการพิจารณาเพื่อกำหนดเป้าหมายการพัฒนาวิชาชีพดังต่อไปนี้

1. นักเรียนและการเรียนรู้ (Learners and Learning) นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่จากความรู้เดิมและลงมือเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ ตลอดจนการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมที่นักเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์ด้วย ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงขององค์ความรู้เดิมจะเป็นการเรียนรู้ของนักเรียน
2. ครูและการสอน (Teacher and Teaching) พยายามให้ครูมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โยใช้การสนทนา การอภิปราย และการสะท้อนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ซึ่งผู้พัฒนาครูต้องอาศัยการทำทลายความคิดและช่วยให้ดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดการพัฒนาตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

3. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (The Nature of Science and Mathematics) ครูต้องเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ นั่นคือธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย มุมมองทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. การเรียนรู้ของผู้ใหญ่และการพัฒนาวิชาชีพ (Adult Learning and Professional Development) เป็นแรงขับเคลื่อนภายใน ผู้พัฒนาครูต้องจัดเตรียมการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เอื้อให้ครูเกิดการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและความรู้ผนวกวิธีการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนจัดตัวอย่างที่ทำให้ครูเข้าใจอย่างชัดเจน ดังนั้นการที่จะยกระดับองค์ความรู้ของครูนั้นต้องคำนึงถึงการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้ใหญ่ (Adult Learner) กิจกรรมต่าง ๆ ควรเน้นให้ครูมีโอกาสที่จะเรียนรู้แบบร่วมมือกัน มีความเป็นผู้นำ สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ ได้ และสามารถออกแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนของตนเองได้

5. กระบวนการเปลี่ยนแปลง (Change Process) เป็นการนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติในระดับบุคคลและระดับองค์กรผ่านการเปลี่ยนแปลงของครู โดยปฏิรูปความรู้และประยุกต์แนวคิดใหม่ในการปฏิบัติอย่างยั่งยืน จึงต้องอาศัยระยะเวลาและความต่อเนื่องที่แตกต่างกันในครูแต่ละคน ผู้พัฒนาต้องคำนึงเป็นรายบุคคลที่จะต้องสร้างความชัดเจนและการส่งเสริมให้แก่ครู ผู้พัฒนาต้องเข้าใจถึงสิ่งที่ครูจะต่อต้านการเปลี่ยนแปลงกระบวนการที่เป็นแนวทางสู่เป้าหมายโดยจัดระบบ คือ การวิเคราะห์ข้อมูล การตั้งเป้าหมาย การดำเนินการ การประเมินผล และนำผลที่ได้ไปปรับปรุงตามลำดับ

องค์ประกอบที่ 2 วิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนและข้อมูลอื่น (Analyze Student Learning & Other Data) ประกอบด้วยข้อมูลเชิงสถิติของครูและนักเรียน ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนจากการวัดที่หลากหลาย ข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่จำแนกตามเชื้อชาติ ศาสนา สถานะทางเศรษฐกิจ และผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมในห้องเรียน และโอกาสในการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นผู้พัฒนาครูต้องอาศัยตัวบ่อนเข้า คือ บริบท (context) ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับบริบทของครูและนักเรียนอย่างรอบคอบ โดยต้องเข้าใจในบริบทต่าง ๆ ดังนี้

1. นักเรียนและความต้องการในการเรียนรู้ของนักเรียน (Students and their learning needs) เป็นหัวใจของการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ โดยเป้าหมายในการเรียนรู้ของครูต้องเชื่อมโยงกับเป้าหมายในการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งต้องสร้างข้อตกลงร่วมกันเกี่ยวกับผลการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน และวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่สะท้อนตัวครูในการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติเพื่อพัฒนาผู้เรียน

2. ครูและความต้องการในการเรียนรู้ของครู (Teachers and their learning needs) โดยกรอบในการเรียนรู้ของครู ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ความรู้

เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาและหลักสูตร และความรู้เกี่ยวกับการสอน ซึ่งความสัมพันธ์ในการเรียนรู้วิชาชีพของครูที่สนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ ความเข้าใจในเนื้อหาของครู ช่องว่างระหว่างครูและการคิดของนักเรียน และความเข้าใจของครูต่อการตอบสนองของนักเรียน

3. หลักสูตร การจัดการเรียนการสอน การประเมิน การฝึกฝน และสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ (Curriculum, Instruction, Assessment, Practice and Learning Environment) ผู้พัฒนาครูต้องประเมินการปฏิบัติในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ หลักสูตร การจัดการเรียนการสอน การประเมินการปฏิบัติ สิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ ซึ่งต้องเหมาะสมและสามารถปฏิบัติได้จริง สิ่งเหล่านี้จะช่วยระบุอุปสรรคของครูและแนวทางการพัฒนาซึ่งอยู่บนฐานของความแตกต่างของครู

4. วัฒนธรรมองค์กรและชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพ (Organization Culture and professional Learning Communities) เป็นการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพในโรงเรียนซึ่งควรสร้างเป้าหมายที่ชัดเจน การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน การทำงานแบบร่วมมือรวมพลังเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ และการหาวิธีแก้ไขเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาในชั้นเรียน ซึ่งชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพจะช่วยพัฒนาการปฏิบัติการสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน

5. ภาวะผู้นำ (Leadership) การมีภาวะผู้นำสามารถสื่อสารกับบุคคลอื่นได้เพื่อตั้งเป้าหมายในการแก้ปัญหา ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน การเรียนรู้ของครู และการเรียนรู้ในองค์กร

6. นโยบายระดับชาติ ระดับเขต และระดับท้องถิ่น (National, State and Local Policies) เกี่ยวข้องกับการทดสอบระดับชาติ การผลิตและพัฒนาครู ซึ่งจะสะท้อนคุณภาพการสอนเนื่องจากมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนและสะท้อนคุณภาพการสอนของครู

7. แหล่งทรัพยากรที่สามารถเข้าถึงได้ (Available Resource) ได้แก่ เวลา งบประมาณ เครือข่ายออนไลน์ ผู้เชี่ยวชาญ สถานที่ ความร่วมมือกับสถานศึกษาอื่น เอกสาร

8. ครอบครัวและชุมชน (Family and Community) มีความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อชาติ ศาสนา เศรษฐกิจ ภูมิหลังทางการศึกษา และการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ซึ่งสามารถเป็นข้อมูลบ่งชี้ถึงการพัฒนาพฤติกรรมที่บ้านและโรงเรียน ทักษะสังคมและการปรับตัวของผู้เรียน มีภาวะการสนับสนุนไม่ผ่านน้อยลง มีการเข้าเรียนมากขึ้น และมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้น

องค์ประกอบที่ 3 ตั้งเป้าหมาย (Set Goals) การตั้งเป้าหมายสำหรับการพัฒนาวิชาชีพ ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) เป้าหมายสำหรับการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างผู้เรียน 2) เป้าหมายสำหรับการเรียนรู้ของครู โดยการตระหนักถึงผลการเรียนรู้ของผู้เรียนรวมถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 3) เป้าหมายสำหรับการปฏิบัติการสอน ซึ่งครูต้องนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติ และ 4) เป้าหมายสำหรับการจัดการ เป็นเป้าหมายที่สนับสนุนเป้าหมายหลักใน

การพัฒนาการสอนและการเรียนรู้ โดยองค์ประกอบด้านการตั้งเป้าหมายมีตัวป้อนเข้า คือ ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณา (Critical Issues) ซึ่งนักพัฒนาจำเป็นต้องสำรวจประเด็นเหล่านี้

1. การสร้างศักยภาพเพื่อความยั่งยืน (Building Capacity for Sustainability) ซึ่งต้องพิจารณาเกี่ยวกับศักยภาพที่มีอยู่ การมีผู้นำที่สามารถทำงานกับครูเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการสอน การมีระบบสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง การประยุกต์ใช้ความรู้บนพื้นฐานของทฤษฎีการพัฒนาวิชาชีพและการปฏิบัติ รวมถึงการทำงานเพื่อการออกแบบร่วมกับอิทธิพลของนโยบาย แหล่งทรัพยากร และโครงสร้างในการพัฒนาวิชาชีพ

2. การจัดสรรเวลาสำหรับการพัฒนาวิชาชีพ (Making time for Professional Development) ต้องคำนึงถึงแนวทางการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพกับปฏิทินโรงเรียน การทำงานที่ตอบสนองนโยบายและการรับรู้ของสาธารณะที่สนับสนุนโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ

3. การพัฒนาความเป็นผู้นำ (Developing Leadership) เป็นการเพิ่มการเรียนรู้ของครูและสร้างวัฒนธรรมทางวิชาชีพแบบร่วมมือรวมพลัง และส่งเสริมให้ครูมีประสบการณ์มากขึ้น รวมถึงการวางเป้าหมายในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพและเริ่มสร้างการเป็นผู้นำ

4. ความเท่าเทียม (Ensuring Equity) จำเป็นต้องลดอคติของครูต่อผู้เรียน โดยต้องสร้างความเชื่อให้ครูเกิดความเท่าเทียมในการสอนเนื้อหาและทำให้นักเรียนทุกคนเกิดการเรียนรู้ได้เหมือนกัน รวมไปถึงความเสมอภาคของครูผู้เข้ารับการพัฒนาวิชาชีพ ต้องจัดโอกาสให้ครูเกิดการเรียนรู้ที่เท่าเทียมกัน

5. การสร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้วิชาชีพ (Building Professional Learning Culture) เป็นการสร้างวิสัยทัศน์ในการเรียนรู้ที่เข้มแข็ง ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ที่ต่อเนื่อง การส่งเสริมชุมชนครู การสอนแบบร่วมมือ และการทำเป็นกิจวัตร

6. การรวบรวมการสนับสนุนทางสาธารณะ (Garnering Public Support) เป็นการสร้างความตระหนักในความสำคัญของวิทยาศาสตร์ศึกษาและประสิทธิภาพของการพัฒนาวิชาชีพ รวมถึงการกระตุ้นสาธารณะ ได้แก่ ครอบครัวและสมาชิกในชุมชนร่วมมือในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนาการสอนและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

7. การขยายผล (Scaling up) เป็นการนิยามโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพให้ชัดเจนสู่การเปลี่ยนแปลง โดยให้โอกาสกับทุกคน ซึ่งครูแต่ละคนจะได้รับการสนับสนุนอย่างพอเพียงต่อการปฏิบัติ

องค์ประกอบที่ 4 วางแผน (Plan) การพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ส่งผลเป็นอย่างมากต่อการปฏิบัติการสอนของครู โดยมีผลทั้งต่อความรู้ ทักษะต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนของครู รวมทั้ง มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอีกด้วย ผู้พัฒนาครูต้องพิจารณาความรู้ ความเชื่อ บริบท ภูมิหลัง และความต้องการของผู้เข้าร่วม และ

ระยะเวลา โดยมีตัวป้อนเข้า คือ กลวิธีในการเรียนรู้วิชาชีพ (Strategies) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยกลวิธีในการเรียนรู้วิชาชีพต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 16 กลวิธี ดังนี้

กลุ่มที่ 1 การจุ่มตัวในเนื้อหา มาตรฐาน และงานวิจัย (Immersion in Content, Standard and Research) กลวิธีในการเรียนรู้วิชาชีพกลุ่มนี้จะสะท้อนแนวคิดในการเรียนรู้ของครู ซึ่งจะกระตุ้นให้ครูลงมือความรู้ในเนื้อหา ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน และความเข้าใจมาตรฐาน หลักสูตรและงานวิจัย ประกอบด้วย 3 กลวิธี ได้แก่

1. การศึกษาหัวข้อหลักสูตร (Curriculum Topic Study) มีเป้าหมายในการพัฒนาครู ให้เข้าใจหลักสูตรและงานวิจัย เพื่อให้ได้แนวทางการสอนที่สอดคล้องกับหลักสูตรในแต่ละระดับชั้น โดยครูจะอ่านเอกสารมาตรฐานหลักสูตร สื่อสิ่งพิมพ์ จากนั้นร่วมกันสะท้อนการอ่านและสร้างความเชื่อมโยงไปสู่การปฏิบัติและตั้งเป้าหมายเพิ่มเติมในจุดที่ไม่ชัดเจน

2. การจุ่มตัวในการสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ (Immersion in Inquiry in Science) มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความรู้และประสบการณ์ตรงในด้านเนื้อหาและกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ โดยการจุ่มตัวเข้าไปในสิ่งแวดล้อมของชุมชนนักวิทยาศาสตร์ เช่น การทำงานร่วมกับ นักวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัย ทำให้ครูสามารถเชื่อมโยงหลักการทาง วิทยาศาสตร์สู่การปฏิบัติ

3. การสร้างรายวิชาที่เน้นด้านเนื้อหา (Content Course) มีเป้าหมายเพื่อพัฒนา ความรู้ในเนื้อหาตามหัวข้อที่ครูรับผลิตชอบสอน โดยการลงเรียนรายวิชาที่อาจารย์คณะ วิทยาศาสตร์ และนำความรู้ในเนื้อหาไปพัฒนาการสอนให้เกิดผลกับนักเรียน

กลุ่มที่ 2 การตรวจสอบการสอนและการเรียนรู้ (Examining Teaching and Learning) กลวิธีในการเรียนรู้วิชาชีพกลุ่มนี้มีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียนโดยใช้การ ปฏิบัติในการพัฒนาความรู้ ทักษะ และสมรรถนะ ประกอบด้วย 7 กลวิธี ได้แก่

1. การตรวจงานและการคิดของนักเรียน (Examining Student Work and Thinking) มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยครูร่วมกันตรวจงานนักเรียนเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการสอน

2. การสาธิตบทเรียน (Demonstration lessons) มีเป้าหมายเพื่อเรียนรู้การ ปฏิบัติการสอนจากครูผู้นำ โดยกลุ่มครูจะร่วมกันอภิปรายเป้าหมายการสังเกตการสอนของครูผู้นำ จากนั้นร่วมกันสังเกตการณ์สอนของครูผู้นำ และร่วมกันสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการสังเกตการสอน

3. การสร้างบทเรียนร่วมกัน (Lesson Study) มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาแผนการจัดการ เรียนรู้และได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพรวมทั้งวิธีสอนที่มีประสิทธิภาพ โดยครูร่วมกัน ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และนำไปใช้ จากนั้นร่วมกันประเมินและสะท้อนบทเรียนเพื่อทำการ ปรับปรุงและนำไปใช้จนกว่าผู้เรียนจะบรรลุผลการเรียนรู้จึงจะถือว่าบทเรียนมีประสิทธิภาพ

4. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีเป้าหมายเพื่อให้ครูประเมินการสอนของตนเองรวมทั้งการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อนำข้อมูลมาเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน โดยครูจะสะท้อนการสอนของตนเองและผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

5. การอภิปรายรายกรณี (Case Discussion) มีเป้าหมายเพื่อเตรียมให้ครูแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยครูสะท้อนเกี่ยวกับการสอนจากการอ่านสถานการณ์ในชั้นเรียนที่กำหนด และร่วมกันหาแนวทางแก้ไข

6. การฝึกหัด (Coaching) เป็นการแนะนำและฝึกหัดครูใหม่จากครูที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนแบบตัวต่อตัว โดยมุ่งเน้นที่การพัฒนาการสอน

7. การเป็นพี่เลี้ยง (Mentoring) ครูผู้มีประสบการณ์ในด้านเนื้อหาและวิธีสอนแนะนำและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้กับครูใหม่

กลุ่มที่ 3 การจัดหลักสูตรและการนำหลักสูตรไปใช้ ประกอบด้วย 3 กลวิธี ได้แก่

1. การเลือกสื่ออุปกรณ์ในการจัดการเรียนการสอน (Instructional Material Selection) เป็นกระบวนการที่ครูร่วมกันใช้สำหรับคัดเลือกสื่ออุปกรณ์ในการจัดการเรียนการสอน โดยการวิเคราะห์จากหลักสูตร และพัฒนาความเข้าใจของครูในการพัฒนาสื่อการจัดการเรียนการสอน

2. การนำหลักสูตรไปใช้ (Curriculum Implementation) เป็นการนำหลักสูตรใหม่ไปใช้ในหลักสูตรได้ผ่านการพัฒนาจากการทดลองใช้ การสะท้อน และแลกเปลี่ยนข้อมูลในการสอนและการเรียนรู้

กลุ่มที่ 4 โครงสร้างการพัฒนาวิชาชีพ (Professional Development Structure) ประกอบด้วย 4 กลวิธี ได้แก่

1. การศึกษาเป็นกลุ่ม (Study Group) กลุ่มครูร่วมกันศึกษาหัวข้อเฉพาะโดยสมาชิกในกลุ่มมีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์แสดงความคิดเห็นที่สะท้อนให้เห็นถึงความคิดที่มีต่อการปฏิบัติการสอนของตนเอง รวมทั้งวิเคราะห์แลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน

2. การอบรมเชิงปฏิบัติการ การศึกษาที่สถาบัน และการสัมมนา (Workshop, Institutes and Seminar) ครูได้มีโอกาสเข้าร่วมฝึกอบรม ประชุม สัมมนาหรือเรียนระยะสั้นเพื่อพัฒนาความรู้

3. เครือข่ายผู้เชี่ยวชาญ (Professional Network) ครูได้มีแลกเปลี่ยนความรู้ในลักษณะเครือข่ายเพื่อเปิดโอกาสหาความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีสอน และวิเคราะห์ปัญหาการสอน

4. การพัฒนาวิชาชีพออนไลน์ (Online Professional Development) เป็นการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ มาช่วยสนับสนุนให้ครูได้พัฒนาความรู้และวิธีสอน ได้แก่ การประชุมทางไกล

องค์ประกอบที่ 5 การลงมือปฏิบัติ (Do) ผู้พัฒนาครูและครูร่วมกันดำเนินงานและเลือกดำเนินตามบริบทที่ดีที่สุด ในองค์ประกอบนี้เป็นการที่ครูจะเผชิญกับปัญหาและการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเอง ทำให้แสดงพฤติกรรมและเกิดความเข้าใจใหม่ซึ่งจะต้องอาศัยระยะเวลาานพอสมควรในการปรับเปลี่ยนและการให้การยอมรับจากครู ดังนั้นบทบาทของผู้พัฒนาคือต้องใช้กลวิธีที่เหมาะสมกับครู

องค์ประกอบที่ 6 การประเมินผล (Evaluate Result) ผู้พัฒนาครูประเมินแผนปฏิบัติงานที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงบริบทและสิ่งที่มีผลตามเป้าหมาย

องค์ประกอบที่ 7 การสะท้อนและปรับปรุง (Reflect and Revise) เป็นการบ่งชี้ความสำเร็จและพัฒนาโอกาสของการพัฒนาครูครั้งต่อไปให้เกิดความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการประเมินระหว่างการพัฒนา ยังมีผลต่อการเลือกกลวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาครูเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้

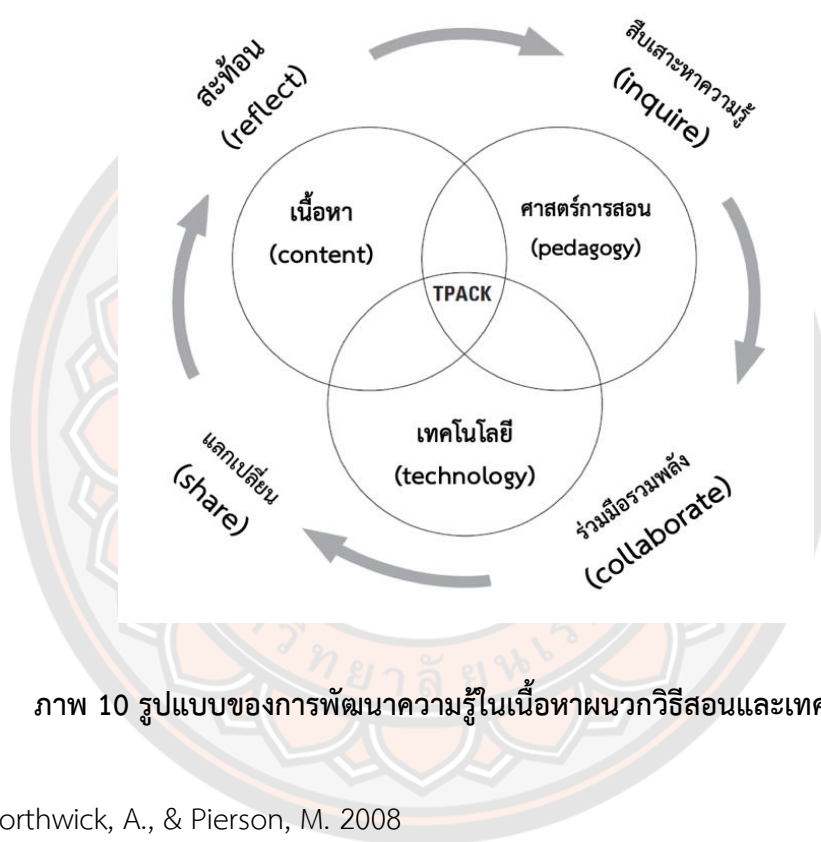
2. โปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

โปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี นอกจากผู้พัฒนาครูจะมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพแล้ว ยังจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งนักวิจัยได้อธิบายลักษณะของโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพไว้ดังนี้

Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. (2015) อธิบายว่าลักษณะของโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพต้องมีลักษณะที่ครูผู้เข้าร่วมต้องมีความร่วมมือกัน ได้รับการอำนวยความสะดวกจากบุคคลภายนอก มีการใช้ช่วงเวลาที่เกิดความยั่งยืน และมุ่งที่ปัญหาของการปฏิบัติ รวมทั้งยังได้อธิบายถึงลักษณะของโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่ช่วยส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (Effective PD for technology-enhanced science instruction) ได้แก่

1. ปรับตามสภาพบริบทของสถานศึกษา เช่น บอร์ดบริหารโรงเรียน หลักสูตรสถานศึกษา การเข้าถึงเครื่องมือ ความหลากหลายและความต้องการของนักเรียน
2. มอบหมายงานที่ส่งเสริมเป้าหมายการเรียนรู้ของผู้เรียนในการใช้เทคโนโลยี
3. การสร้างความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีผ่านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการวางแผนและการนำไปใช้ของกลุ่มครู
4. สร้างการพัฒนาวิชาชีพภายในสถานศึกษาในการร่วมกันวางแผน ลงมือปฏิบัติ และสะท้อนผลจากการปฏิบัติ

Borthwick, A., & Pierson, M. (2008) ได้กล่าวว่า ความสำเร็จของการพัฒนาวิชาชีพ โดยการกระตุ้นให้ครูเริ่มฝึกตนเองจากการคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ของการทำงาน ซึ่งสามารถพัฒนาการสอนและการเรียนรู้จากการร่วมมือกันกับเพื่อนร่วมงานที่มีประสบการณ์มากกว่าเพื่อแก้ปัญหาในเชิงปฏิบัติ การประเมินผล การสะท้อนข้อค้นพบซึ่งกันและกัน จึงจะเป็นส่วนในการพยายามพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง และได้เสนอรูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเป็นปกติ ดังภาพ 10



ภาพ 10 รูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ที่มา: Borthwick, A., & Pierson, M. 2008

1. การสะท้อน (reflection) เป็นการสะท้อนถึงเทคโนโลยีที่สามารถเปลี่ยนรูปแบบการสอนและการเรียนรู้ได้อย่างไร โดยเน้นที่การเริ่มจากวิสัยทัศน์ของครูเกี่ยวกับกลวิธีสอนที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี

2. การสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) เป็นการระบุงคำถามเกี่ยวกับทักษะการปฏิบัติการสอนด้วยเทคโนโลยีของตนเองและกิจกรรมวิจัยเชิงปฏิบัติการในการหาคำตอบจากคำถามวิจัย โดยการสืบเสาะหาความรู้ของครูจะเป็นเครื่องมือเพื่อการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องซึ่งจะเป็นผลลัพธ์ของการเริ่มต้นการพัฒนาวิชาชีพ

3. การร่วมมือ (collaboration) เป็นการกระตุ้นครูเพื่อเรียนรู้และทำงานร่วมกัน โดยกลุ่มครูจะเรียนรู้ซึ่งกันและกันภายใต้การทำงานในชีวิตประจำวันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเรียนรู้ร่วมกับพี่เลี้ยง (mentor) และการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ

4. การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (share) เป็นการกระตุ้นเพื่อการเปลี่ยนแปลง โดยแลกเปลี่ยนผลการปฏิบัติงานตามสภาพจริง อาจจะเป็นการแลกเปลี่ยนในระดับบุคคลหรือระดับกลุ่ม การใช้กรณีชีวิตจริงของครู สามารถทำให้ผู้เริ่มต้นสามารถทำความเข้าใจและนำไปใช้กับเทคโนโลยีใหม่ได้

รูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีนี้จึงเป็นการปฏิบัติที่มีความต่อเนื่องที่ส่งเสริมการทำงานและวัฒนธรรมการสอน

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่สนับสนุนโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ

ในการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพเพื่อส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของวิทยาศาสตร์ โดยใช้กลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพ ได้แก่ การประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน มีแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ ดังนี้

2.1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential Learning Theory)

ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์เป็นกระบวนการสร้างความรู้ผ่านการเปลี่ยนรูปประสบการณ์ซึ่งความรู้เป็นผลมาจากการรวมความเข้าใจและการเปลี่ยนรูปประสบการณ์ (Kolb, A. Y., & Kolb, D. A., 2009) ในด้านของความเข้าใจประสบการณ์ประกอบด้วยประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม (concrete experience) และกระบวนการสร้างแนวคิดอย่างเป็นนามธรรม (abstract conceptualization) ส่วนในด้านการเปลี่ยนรูปประสบการณ์ประกอบด้วย การสังเกตเชิงสะท้อน (reflective observation) และการปฏิบัติการทดลอง (active experimentation) โดยทั้ง 2 ด้านจะอยู่ในรูปแบบวงจรการเรียนรู้ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีลักษณะของการวนซ้ำในการตอบสนองต่อสถานการณ์ในการเรียนรู้และสิ่งที่กำลังเรียนรู้ โดยสื่อกลางหรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมเป็นพื้นฐานสำหรับการสังเกตและการสะท้อน ซึ่งการสะท้อนจะถูกปรับไปสู่กระบวนการสร้างแนวคิดอย่างเป็นนามธรรมจากการนำการปฏิบัติไปใช้ใหม่ซึ่งเป็นเสมือนการทดสอบการปฏิบัติ นำไปสู่การสร้างประสบการณ์ใหม่

ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์เป็นการเรียนรู้เพื่อพัฒนา โดยเน้นที่กระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับจากการสร้างประสบการณ์ใหม่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งกระบวนการเรียนรู้จะสามารถช่วยถึงความเชื่อและแนวคิดของครูเกี่ยวกับหัวข้อนั้น ๆ อย่างไรก็ตามการเรียนรู้ต้องมีการแก้ปัญหาท่ามกลางความคิดที่แตกต่างซึ่งเป็นสิ่งที่ขับเคลื่อนในกระบวนการเรียนรู้ โดยมีกระบวนการที่ย้อนกลับและไปข้างหน้าในรูปแบบตรงกันข้ามระหว่างการสะท้อน การปฏิบัติ ความรู้สึกและการคิดรวมทั้งยังเป็นกระบวนการของการปรับตัวโดยการผสมหน้าที่ของแต่ละบุคคลในด้านการคิด

ความรู้สึก การรับรู้ และการแสดงพฤติกรรม โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการตัดสินใจ และความคิดสร้างสรรค์ การเรียนรู้เป็นผลมาจากความสัมพันธ์ของบุคคลในการทำงานร่วมกันระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการสร้างความรู้ทางสังคมจากความรู้ส่วนบุคคลของตัวครู

2.1.2 ทฤษฎีสรณคณยทางสังคคค (Social Constructivism)

ธรรมชาติทางสังคคคคของความรู้และความเชือจะถูกร้างผ่านปฏิสัมพันธ์ทางสังคคคและถูกแลกเปลี่ยนผ่านประสบการณ์ส่วนบุคคล (Vygotsky, L. S., & Cole, M., 1978) โดยให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ในการตอบสนองต่อปฏิสัมพันธ์ทางสังคคคผ่านการต่อรองทางวัฒนธรรม การสนทนา การสะท้อน และการอธิบาย โดยทฤษฎีนี้ส่งเสริมแนวคิดที่ครูควรได้รับการกระตุ้นด้วยกิจกรรมซึ่งจำเป็นต้องมีปฏิสัมพันธ์จากการสนทนาและการสื่อสารร่วมกับครูผู้เริ่มวิชาชีพและผู้เชี่ยวชาญในด้านนั้น ๆ

กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเป็นการร่วมมือทางวิชาชีพที่เกิดขึ้นโดยที่มีครูประสบการณ์หลายระดับได้ทำงานร่วมกันในกลุ่มเพื่อศึกษาการปฏิบัติผ่านการนำบทเรียนไปใช้นอกจากนี้ทฤษฎีสรณคณยทางสังคคคยังส่งเสริมแนวทางการได้มาซึ่งความรู้ที่เป็นหน้าที่ที่ปรับตามการออกแบบสำหรับการจัดการประสบการณ์ของบุคคลหนึ่ง (Prawat, R. S., & Floden, R. E., 1994) อย่างไรก็ตามครูควรที่จะได้เผชิญกับปัญหาหรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงพอใจเพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการค้นหา ทดสอบ และประเมินคำตอบภายในสิ่งแวดล้อมของการร่วมมือร่วมพลังในสถานศึกษา ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูจะร่วมกันศึกษาโดยทำงานเป็นกลุ่มเพือตั้งเป้าหมายในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน โดยเป้าหมายจะถูกสร้างบนพื้นฐานของช่องว่างที่เป็นการรับรู้ของครูระหว่างความมุ่งหวังต่อผู้เรียนและการพัฒนาผู้เรียน อีกทั้งทฤษฎีสรณคณยทางสังคคคยังสัมพันธ์กับความรู้ที่เป็นผลของกระบวนการปัญญาของแต่ละบุคคลในสิ่งแวดล้อมทางสังคคค (Cobb, P., & Yackel, E., 1996) ซึ่งครูควรได้รับการกระตุ้นเพื่อสะท้อนประสบการณ์ ออกแบบความเข้าใจ ประเมินความเข้าใจ และอธิบายความเข้าใจกับผู้อื่น ในขณะที่ครูทำงานผ่านกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันจะมีโอกาสที่หลากหลายเพื่อสะท้อน วิเคราะห์ ออกแบบขั้นตอนการปฏิบัติ ประเมิน และแลกเปลี่ยนความเข้าใจกับครูคนอื่น ๆ ดังนั้นหลักการของทฤษฎีสรณคณยทางสังคคคจึงเป็นทฤษฎีพื้นฐานภายใต้การพัฒนาบทเรียนร่วมกันและความถูกต้องของกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันในแต่ละระยะซึ่งมีความสำคัญในการเพิ่มความรู้และทักษะในวิชาชีพ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์พบว่า โปรแกรมพัฒนาวิชาชีพประกอบด้วยกลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพ ดังนี้

2.1.3 การประชุมเชิงปฏิบัติการ

นักการศึกษาได้เริ่มใช้คำว่า workshop ในการบรรยายรูปแบบที่จำเพาะของสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ โดยลักษณะของการอบรมเชิงปฏิบัติการเป็นการเรียนรู้แบบรวบรัดในระยะเวลาอันสั้น โดยมีปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มขนาดเล็ก มีการเชื่อมโยงในการลงมือปฏิบัติ เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เป็นผลลัพธ์รวมทั้งการนำความรู้ใหม่ไปใช้

Morgan, B., Holmes, G. E., & Bundy, C. E. (1963) ได้นิยามการประชุมเชิงปฏิบัติการไว้ว่า การประชุมเชิงปฏิบัติการเป็นการทำงานและให้ความสำคัญกับกลุ่มเล็ก ผู้เข้าร่วมประสบความสำเร็จ และมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการเรียนรู้จากการอบรมเชิงปฏิบัติการ

Sork, T. J. (1984) ได้นิยามการประชุมเชิงปฏิบัติการไว้ว่า การสร้างความสัมพันธ์ในระยะเวลาอันสั้น มีการรวบรัด มุ่งเน้นการแก้ปัญหาจากประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผู้เข้าร่วมได้ลงมือปฏิบัติในการระบุและวิเคราะห์ปัญหา รวมทั้งการพัฒนาและการประเมินผลการแก้ปัญหา

Brooks-Harris, & Stock-Ward (1999) ได้นิยามการประชุมเชิงปฏิบัติการใหม่ไว้ว่า เป็นประสบการณ์การเรียนรู้ในระยะสั้นที่กระตุ้นการปฏิบัติ การเรียนรู้จากประสบการณ์ และการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อให้ความต้องการของผู้เรียนที่หลากหลาย

Mcnamee et al. (2004) ได้นิยามการประชุมเชิงปฏิบัติการไว้ว่า การอบรมเชิงปฏิบัติการให้ความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถนะ การมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้ระหว่างผู้เข้าร่วม การเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมได้ลงมือปฏิบัติ เป็นการปฏิบัติในระยะเวลาที่รวบรัด การทำงานเป็นกลุ่มเล็กและนำความรู้ใหม่ไปใช้

1) องค์ประกอบสำคัญของการประชุมเชิงปฏิบัติการ

การประชุมเชิงปฏิบัติการมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1.1) มีเป้าหมายที่กำหนดไว้ชัดเจนในการสื่อสารต่อผู้เข้าร่วม ผู้นำในการอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพจะสื่อสารกับผู้เข้าร่วมเกี่ยวกับเป้าหมายและประสบการณ์ในการเรียนรู้โดยรวมถึงประสบการณ์ระหว่างการทำกิจกรรม ผู้นำการอบรมเชิงปฏิบัติการจะได้รับปัจจัยนำเข้าจากผู้เข้าเรียนรู้อีกก่อนการตั้งเป้าหมายประสบการณ์ในการเรียนรู้ของผู้เข้าร่วม

1.2) ผู้นำหรือผู้อำนวยการจะแนะนำถึงการเรียนรู้ของผู้เข้าร่วม ผู้นำหรือผู้อำนวยการจะแนะนำและส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เข้าร่วมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือนำข้อมูลด้านอื่น ๆ ที่ผ่านการอ่าน ผู้ให้คำปรึกษา ความรู้และประสบการณ์ของผู้เข้าร่วม

1.3) กลุ่มมีความจำเป็นต่อสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ร่วมกัน เนื่องจากการอบรมเชิงปฏิบัติการมีเป้าหมายสำหรับกลุ่มคน สิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ควรออกแบบให้ผู้เข้าร่วมได้เรียนรู้จากผู้นำร่วมมือกันเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การประชุมเชิงปฏิบัติการกระตุ้นผู้เข้าร่วมโดยมุ่งเน้นที่ประสบการณ์ในการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี ซึ่งครูผู้เข้าร่วมจะได้แสดงการจำลองกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียนผ่านการสืบค้นจากงานวิจัย ข้อมูลสารสนเทศ ซึ่งการอบรมเชิงปฏิบัติการสามารถเปลี่ยนแนวคิดจากทฤษฎีไปสู่ความเข้าใจในการปฏิบัติ โดยผู้อำนวยการความสะดวกในการประชุมเชิงปฏิบัติมีความสำคัญในการสร้างความรู้และการสอนที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีกับผู้เข้าร่วม ซึ่งความรู้และทักษะที่สำคัญที่ได้รับจากการประชุมเชิงปฏิบัติสามารถนำไปจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนสามารถใช้สื่อเทคโนโลยีได้ อีกทั้งการประชุมเชิงปฏิบัติการในสถานศึกษาของตนเอง ผู้เข้าร่วมจะแสดงให้เห็นถึงการร่วมมือกัน มีโอกาสในการแนะนำแนวทางวางแผนร่วมกันและตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แหล่งทรัพยากรและผลลัพธ์ในการเรียนรู้ด้านเนื้อหาที่ต้องการในการทำงานเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้การประชุมเชิงปฏิบัติการที่ให้ผู้เข้าร่วมได้ลงมือปฏิบัติในการนำเทคโนโลยีไปใช้งานโดยวางแผนร่วมกันเพื่อประยุกต์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสู่การปฏิบัติจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาพบว่ามีแนวทางที่สอดคล้องกับการประชุมเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจำนวน 4 คน จากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้

1) แนะนำการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และสื่อเทคโนโลยี อาทิ เช่น เครื่องมือแผนผังมโนทัศน์ อุปกรณ์ตรวจวัดค่า pH อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลาย ความดันเลือด อัตราการหายใจ สถานการณ์จำลองทางคอมพิวเตอร์ ภาพดิจิทัล โดยครูจะถูกกระตุ้นด้วยกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ในขณะที่ได้เรียนรู้เครื่องมือทางด้านเทคโนโลยี รวมทั้งใช้การประชุมกลุ่มแบบออนไลน์เกี่ยวกับวิจัยเชิงปฏิบัติการ

2) แนะนำครูให้เข้าร่วมเว็บไซต์ ซึ่งเป็นเว็บไซต์สำหรับการสืบค้นและแลกเปลี่ยนแหล่งทรัพยากรในการเรียนรู้ โดยให้ครูได้มีปฏิสัมพันธ์กับนักวิจัยในมหาวิทยาลัยและผู้ร่วมวิชาชีพเพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนและอภิปรายแหล่งทรัพยากรในบทเรียน

3) ครูร่วมกันดัดแปลงกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานผ่านการนำไปใช้ การอภิปราย และการสะท้อน ซึ่งครูจะได้พัฒนาความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และประสิทธิภาพของเครื่องมือด้านเทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้ของนักเรียน จากนั้นครูแต่ละคนเขียนประสบการณ์ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือด้านเทคโนโลยีในบล็อกของเว็บไซต์ [TEC community](#)

4) ครูร่วมกันออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีในระหว่างปีการศึกษาโดยครูและนักการศึกษาได้ร่วมกันอภิปรายถึงข้อจำกัดของครูจากประสบการณ์ในการบูรณาการเทคโนโลยีไปสู่การปฏิบัติสอนโดยใช้สื่อเทคโนโลยี

5) ครูใช้เว็บไซต์ [TEC community](#) ในการตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนแผนการจัดการเรียนรู้และหลักสูตร รวมทั้งสะท้อนการเรียนรู้ของครู จากนั้นครูและนักการศึกษาได้ร่วมกันอภิปรายและประชุมออนไลน์เกี่ยวกับปัญหาอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยี

6) ครูร่วมกันทำวิจัยเชิงปฏิบัติการจากการสะท้อนการปฏิบัติและการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ซึ่งครูและนักการศึกษาจะทำงานร่วมกัน

Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. (2015) ทำการวิจัยกรณีศึกษาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูโดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการภายใต้กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีร่วมกับแนวคิดลักษณะของการพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้บล็อก (blogs) ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 3 คน โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการแบ่งเป็น 2 ช่วง ในช่วงที่ 1 ประกอบด้วย 4 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 การสร้างแบบจำลองกิจกรรมที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี เป็นการพัฒนาความรู้ของครูในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี โดยแสดงให้ครูผู้เข้าร่วมเห็นกิจกรรมที่หลากหลายภายใต้กิจกรรมที่ใช้บล็อก (blogs) เป็นฐาน เช่น กิจกรรมวิจัยโดยใช้อินเทอร์เน็ต กิจกรรมวิพากษ์บทความ เพื่อให้ครูได้เห็นเป้าหมายการเรียนรู้ที่แตกต่างกันและแนะนำการใช้บล็อก การนำเสนอเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูจะเห็นตัวอย่างการใช้บล็อกที่เกิดขึ้นจริงในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

ระยะที่ 2 การบูรณาการการสนทนาเกี่ยวกับการสอนในบทเรียนต้นแบบเป็นการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ครูได้อภิปรายเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและปัจจัยด้านบริบท เช่น ความต้องการของนักเรียน การจัดการ การเข้าถึงเทคโนโลยี รวมถึงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่าง

การจัดการเรียนการสอนและเทคโนโลยีเมื่อได้ทำการวางแผนและนำไปใช้ โดยอภิปรายในมุมมองและประเด็นการพิจารณาเมื่อสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้บล็อกในห้องเรียน เพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยคำถามจะมีความจำเพาะไปยังการปฏิบัติการสอนของครูที่ใช้เทคโนโลยี ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ตัวอย่างเช่นการอภิปรายถึงสิ่งสำคัญของความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีโดยใช้บล็อกส่งเสริมเป้าหมายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การอภิปรายเกี่ยวกับความรู้ในการสอนผนวกเทคโนโลยีในส่วนของการใช้กลวิธีการจัดการชั้นเรียนระหว่างการนำบล็อกไปใช้ในห้องเรียน รวมทั้งอภิปรายเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในด้านการออกแบบกิจกรรมการสอนที่เหมาะสมสำหรับการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ระยะที่ 3 การพัฒนาทักษะทางด้านเทคนิคในการออกแบบกิจกรรมที่จำเพาะผ่านการสาคัดเครื่องมือ เป็นการสาคัดการใช้บล็อกเป็นขั้นตอนรวมถึงทักษะที่จำเป็นสำหรับการใช้บล็อก (blogs) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยครูผู้เข้าร่วมจะได้เรียนรู้การออกแบบบล็อก การเชื่อมโยงไปยังบทความและเว็บไซต์ การเชื่อมโยงไปยังการแสดงความ

ระยะที่ 4 การประยุกต์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อออกแบบกิจกรรมที่ปรับตามเนื้อหาวิชาเฉพาะหรือบริบทการสอน เป็นการวางแผนโดยร่วมมือรวมพลังเพื่อพัฒนากิจกรรมที่จะใช้สอน โดยครูผู้เข้าร่วมจะร่วมมือกันวางแผนกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปใช้สอนเพื่อให้บรรลุตามผลการเรียนรู้ในเนื้อหาเฉพาะ จากการร่วมกันค้นคว้าบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอน จากนั้นร่วมกันสะท้อนถึงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา การจัดการเรียนการสอนและเทคโนโลยี

การประชุมเชิงปฏิบัติการช่วงที่ 2 แบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 ครูทำงานร่วมกันแบบร่วมมือรวมพลังในการออกแบบบทเรียนเพื่อทำบล็อก โดยลงความเห็นร่วมกันในการใช้ผังกราฟิกเพื่อช่วยให้นักเรียนจัดการความคิดและกลายเป็นเนื้อหาในภาระงานจากบล็อก รวมทั้งการประเมินการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์และทักษะการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ จากนั้นร่วมกันให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับบล็อกที่ออกแบบ

ระยะที่ 2 การติดตามและสอบถามรายละเอียดเกี่ยวกับการนำบทเรียนไปใช้ โดยสอบถามรายละเอียดก่อนและหลังการใช้กิจกรรมบล็อก ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อกระตุ้นครูในการให้เหตุผลด้านการสอนเกี่ยวกับการออกแบบบทเรียน หลังจากที่ครูปฏิบัติการสอนจะมีการให้ข้อมูลย้อนกลับและเปิดโอกาสให้ครูผู้เข้าร่วมสะท้อนบทเรียนและอภิปรายประเด็นที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงร่วมกันปรับปรุงบทเรียน ผลการวิจัยพบว่ากรอบเชิงปฏิบัติและนำความรู้ไปใช้ในการปฏิบัติงานสอนสามารถช่วยพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

Graham et al. (2009) ทำการประเมินการเปลี่ยนแปลงความมั่นใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ผ่านโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพ (SciencePlus professional development program) ซึ่งเป็นโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่เน้นประสบการณ์ในวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะการเรียนรู้ (learning phase) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่สร้างปฏิสัมพันธ์ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลาจำนวน 2 วัน

2. ระยะแสดงบทบาท (enacting phase) เป็นการศึกษาเชิงลึกของกลุ่มโดยเลือกหัวข้อทางวิทยาศาสตร์และแสดงบทบาทในการสืบเสาะหาความรู้ในสถานที่ต่าง ๆ เช่น สวนสาธารณะ

3. ระยะส่งผ่าน (transfer phase) เป็นการพัฒนา การสอน และการสะท้อนในบทเรียนที่ได้ทำการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งครูผู้เข้าร่วมนำไปใช้ในห้องเรียนของตนเอง

ครูผู้เข้าร่วมได้ฝึกการใช้กล้องดิจิทัลไมโครสโคป (digital microscope) และได้รับความรู้เรื่องเทคโนโลยีประเภทอื่น ๆ รวมไปถึงภาพเคลื่อนไหวทางธรณีวิทยา อุปกรณ์ค้นหา GPS กล้องดิจิทัล แผนที่ดาวเทียม โดยครูผู้เข้าร่วมจะได้ใช้เทคโนโลยีในการบันทึกข้อมูลและนำเสนอข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสามารถช่วยพัฒนาความมั่นใจในความรู้ด้านเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ครูสามารถใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่ยังมีครูจำนวนหนึ่งที่ยังไม่สามารถใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

Lehiste, P. (2015) ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพที่มีต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูประจำการในประเทศเอสโตเนีย เพื่อส่งเสริมให้ครูนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระยะเวลา 2 ปี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ในปีที่ 1 จัดให้ครูเข้าอบรมที่มหาวิทยาลัยจำนวน 10 คอร์ส ได้แก่ 1) การใช้คอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพ 2) การสอนและการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล 3) พื้นฐานด้านมัลติมีเดีย 4) การรู้ดิจิทัล 5) การผลิตสื่อมัลติมีเดียดิจิทัล 6) โปรแกรมทางสังคมออนไลน์ 7) ประเด็นทางกฎหมายและความปลอดภัยในระบบ e-learning 8) การสร้างสรรค์ทรัพยากรการเรียนรู้ดิจิทัล 9) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ใช้เว็บไซต์เป็นฐานและเครือข่ายออนไลน์ และ 10) การออกแบบวิดีโอทางการศึกษาและการนำไปใช้ในชั้นเรียน โดยในระหว่างการอบรมครูผู้เข้าร่วมโปรแกรมจะได้เรียนรู้การออกแบบและวิเคราะห์ทรัพยากรในการสอนที่แตกต่างกัน เช่น วิดีโอทางการศึกษา การนำเสนอ กิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งแผนการจัดการเรียนรู้ โดยโปรแกรมการฝึกอบรมจะสอดคล้องตามแนว

การสอนและเงื่อนไข กิจกรรมการกระตุ้น ประสบการณ์การเรียนรู้ตามสภาพจริง กลวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย การทำงานแบบร่วมมือกับเพื่อนในกลุ่ม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การสนับสนุน การสะท้อน โดยจะทำกิจกรรมทุกวันศุกร์และวันเสาร์ และทำการประชุมติดตามงานโดยการสื่อสารออนไลน์ผ่าน บล็อก อีเมล เฟสบุ๊ก และทวิตเตอร์

Ekanayake, S. Y., & Wishart, J. (2015) ทำการศึกษาการบูรณาการการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่กับการสอนวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้โดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการ โดยมีกลุ่มครูวิทยาศาสตร์เข้าร่วมจำนวน 18 คน เป็นเวลา 3 วัน ซึ่งจะได้เรียนรู้การใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในการสอนวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการลงมือปฏิบัติโดยร่วมกันเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

โดยวันที่ 1 เป็นการระดมสมองเพื่อรวบรวมมุมมองการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในการสอนและการเรียนรู้ของครูผู้เข้าร่วม และให้ครูร่วมกันอภิปรายกลุ่มจากการนำเสนอเกี่ยวกับโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการสอนและการเรียนรู้ในโรงเรียน โดยผู้วิจัยจะแนะนำแนวทางการใช้ในการจัดการเรียนการสอน จากนั้นครูจะได้ทดลองใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในการสอนวิทยาศาสตร์

วันที่ 2 เป็นการอภิปรายกลุ่มถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและให้ครูร่วมกันออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้บทเรียนวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งครูจะสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นจึงทำการนำเสนอบทเรียนที่ออกแบบให้ร่วมกันให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงบทเรียน

วันที่ 3 เป็นการออกแบบบทเรียนโดยให้ครูในกลุ่มแสดงบทบาทสมมติในการจัดการเรียนการสอน จากนั้นทำการอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนและแนวทางการใช้เทคโนโลยีส่งเสริมการประเมินการเรียนรู้รวมทั้งปรับปรุงบทเรียนด้วยข้อมูลย้อนกลับ

2.2 การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน (lesson study approach) เป็นแนวคิดหนึ่งของการปฏิบัติในการพัฒนาวิชาชีพครู (professional development practice) มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนจากการร่วมมือกันของกลุ่มครูในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ แนวคิดนี้เริ่มต้นขึ้นในประเทศญี่ปุ่นซึ่งใช้การพัฒนาบทเรียนร่วมกันเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน คณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาโดยเริ่มจากครูร่วมกันวางแผนการศึกษาบทเรียน จากนั้นนำบทเรียนไปใช้สอนในห้องเรียน โดยมีการสังเกตการสอน และครูจึงร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการใช้บทเรียนโดยการสะท้อนจากสถานการณ์จริง เมื่อพบจุดพร่องครูจึงร่วมกันปรับปรุงบทเรียนและนำไปสอนอีกครั้งหนึ่งจนกว่าบทเรียนจะบรรลุตามเป้าหมายจึงทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้บทเรียนที่ครูร่วมกันพัฒนาขึ้น (Lewis, C. C., & Hurd, J., 2011; Stepanek et al., 2006)

2.2.1 องค์ประกอบหลักของการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

ความเข้าใจกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเป็นขั้นแรกในการเรียนรู้การ พัฒนาบทเรียนร่วมกัน กระบวนการมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจเนื่องจากมีความเป็น รูปธรรม โดยกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเป็นกรอบแนวคิดเพื่อพัฒนาเป็นลักษณะนิสัยของตัว ครูและเพื่อสำรวจแนวคิดหลักซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนความรู้ทางวิชาชีพ โดยองค์ประกอบหลักของการ พัฒนาบทเรียนร่วมกันมีดังต่อไปนี้

1) กระบวนการของการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน มีขั้นตอนดังนี้

1.1) การตั้งเป้าหมายและการกำหนดหัวข้อหรือแนวคิดที่นำไปสู่การพัฒนาบทเรียน ครูร่วมกันระบุหัวข้อวิจัยและเป้าหมายในระยะยาวเพื่อนำไปสู่วงจรการพัฒนา บทเรียนโดยมุ่งเน้นที่งานในการจัดการเรียนการสอนให้กับผู้เรียน ซึ่งหัวข้อหรือแนวคิดที่ศึกษาควรอยู่ บนพื้นฐานของข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งกำหนด จากมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตร

1.2) การออกแบบบทเรียน ครูอ่านงานวิจัยในหัวข้อหรือแนวคิดที่ ศึกษา รวมทั้งการตรวจสอบแนวคิดทางเลือกของนักเรียนและวัสดุสื่อ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียน การสอน ขั้นนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นในการที่กลุ่มครูจะร่วมมือกันพัฒนาบทเรียน โดยการพัฒนาบทเรียน ร่วมกันเป็นการมุ่งไปที่เป้าหมายเนื้อหาวิชาเฉพาะและใช้ระยะเวลาที่ยาวนานสำหรับการพัฒนาผู้เ การเรียนและสมาชิกในกลุ่มครูที่จำเป็นต้องพิจารณาประเภทของเป้าหมายการทำงานโดยใช้การ พัฒนาบทเรียนร่วมกัน

1.3) การสอนโดยใช้บทเรียนที่ออกแบบ ก่อนนำบทเรียนไปใช้สอน ครู ในกลุ่มทดลองใช้บทบาทสมมติกับครูคนอื่นในกลุ่มก่อน หลังจากนั้นครู 1 คน จึงทำการจัดการเรียน การสอนโดยใช้บทเรียนที่ร่วมกันออกแบบกับครูคนอื่น

1.4) การสังเกตการสอน ในขณะที่ครู 1 คนกำลังสอน ครูในกลุ่มที่ เหลือสังเกตการสอนโดยบันทึกสิ่งที่นักเรียนและครูพูดและปฏิบัติตามขั้นตอนในบทเรียน รวมทั้ง คำถามของครูและการตอบสนองของนักเรียน ซึ่งหลักฐานที่นำมาวิพากษ์ในขั้นตอนต่อไป คือ สคริป เทปบันทึกเสียง วิดีโอ และงานนักเรียน

1.5) การสะท้อนและการประเมิน ครูร่วมกันวิพากษ์และอภิปรายเชิง ลึกเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตระหว่างการสอนและหลักฐานในห้องเรียน รวมทั้งร่วมกัน ตัดสินใจในประสิทธิภาพของบทเรียนและระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง

1.6) การปรับปรุงบทเรียน ครูร่วมกันปรับปรุงบทเรียนภายใต้ข้อมูล จากการสะท้อนและการประเมิน โดยพิจารณาการลำดับเนื้อหา ขั้นตอน กิจกรรมการเรียนรู้แบบ กระตือรือร้น การมีส่วนร่วมของผู้เรียน การใช้คำถามและการเสริมแรง

1.7) การสอนบทเรียนที่ปรับปรุง ครู 1 คนสอนบทเรียนที่ผ่านการปรับปรุง อาจจะเป็นครูคนเดิมหรือครูคนใหม่ ครูที่เหลือร่วมกันสังเกตการณ์จัดการเรียนการสอน ซึ่งนักเรียนอาจจะเป็นกลุ่มเดิมหรือกลุ่มใหม่ และอาจจะเชิญผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัยมาร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนการสอน

1.8) การสะท้อนและการประเมิน ครูร่วมกันสะท้อนบทเรียนครั้งที่ 2 โดยมีกลุ่มที่ใหญ่ขึ้นเข้าร่วมในการสะท้อนและประเมิน เช่น ผู้บริหารโรงเรียน อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหาจากมหาวิทยาลัย โดยการอภิปรายในครั้งนี้ไม่เพียงแต่อภิปรายในด้านการเรียนรู้และความเข้าใจของผู้เรียน แต่ยังรวมไปถึงสมมติฐานในการออกแบบวิจัยในบทเรียน

1.9) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลที่เกิดขึ้น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาบทเรียนร่วมกันของกลุ่มครูกับครูต่างโรงเรียนหรือนักการศึกษา หรืออาจจะทำการตีพิมพ์ผลการวิจัยลงในวารสารหรือลงข้อมูลในเว็บไซต์

2) ลักษณะนิสัยในตัวตน (habits of mind)

ลักษณะนิสัยในตัวตนเป็นคุณภาพที่ครูสร้างและใช้เพื่อความก้าวหน้าในวิชาชีพผ่านการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ซึ่งจะเป็นแรงบันดาลใจที่สำคัญในการเปลี่ยนแนวคิดในการทำงาน ประกอบด้วย

2.1) ทักษะคติในการวิจัย (research stance) การพัฒนาบทเรียนร่วมกันเกี่ยวข้องกับการตั้งคำถามและตั้งปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้ การทดลองใช้แนวคิด การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ผล ครูกระตุ้นการสืบเสาะหาความรู้ การสะท้อน และการตรวจสอบการปฏิบัติเชิงวิพากษ์ ซึ่งกลุ่มครูจะมองห้องเรียนเป็นสถานที่ซึ่งทำการสำรวจตรวจสอบการสอนและการเรียนรู้

2.2) การเรียนรู้ร่วมกัน (learning together) เป็นสิ่งสำคัญสำหรับสมาชิกในกลุ่มครูเพื่อสร้างและรักษาไว้ซึ่งสิ่งแวดล้อมที่สบายใจในการร่วมมือกันทำงาน การสื่อสารภายในกลุ่มครูมีความชัดเจนและความเคารพซึ่งกันและกัน สมาชิกในกลุ่มจะเปิดความคิดและแนวคิดใหม่

2.3) พลังสมรรถนะแห่งตน (self-efficacy) ครูมีแรงบันดาลใจและคงอยู่ในการปรับปรุงทักษะ ซึ่งครูมีความรับผิดชอบและความเชื่อว่าพวกเขาสามารถสร้างความแตกต่างในการเรียนรู้ของผู้เรียน

3) แนวคิดหลัก (big idea)

แนวคิดหลักเป็นหัวข้อที่ครูสำรวจในการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน โดยมุ่งไปที่ประเด็นสำคัญในการสอนและการเรียนรู้และช่วยทำให้มั่นใจว่าการทำงานของครูจะเกิดผลโดยกว้าง แนวคิดหลักจะนำไปสู่การสร้างความรู้ที่คงทนโยนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

3.1) การจัดการเรียนการสอน (instruction) การเชื่อมโยงแนวคิดหลักภายใต้เนื้อหาและความเข้าใจของผู้เรียนเป็นสิ่งที่สมาชิกในกลุ่มพิจารณาแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนไปถึงเป้าหมาย รวมทั้งในบางประเด็นที่สมาชิกในกลุ่มควรพิจารณาเพิ่มเติม ได้แก่ การเริ่มต้นบทเรียน การใช้คำถาม การสรุปแนวคิดหลัก ซึ่งสมาชิกในกลุ่มจะทำการเลือกและตรวจสอบบทเรียน การวิจัยในการปฏิบัติที่เป็นเลิศ และการระบุประสิทธิภาพของเครื่องมือ

3.2) ผู้เรียน (students) ครูพิจารณาความรู้เดิมและการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งระบุการตอบสนองที่คาดหวังและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน การอภิปรายและการวางแผนของครูต่อการแสดงปฏิกิริยาของนักเรียนและการสร้างแนวคิดและการกระทำ

3.3) เป้าหมาย (goals) ครูร่วมกันสร้างเป้าหมายในระยะยาวสำหรับผู้เรียนโดยพิจารณาสิ่งที่ครูต้องการให้เกิดกับผู้เรียน รวมทั้งสร้างเป้าหมายในระยะสั้นสำหรับนักเรียนในส่วนที่เน้นเนื้อหาและกระบวนการ

3.4) เนื้อหา (content) ครูร่วมกันสำรวจหัวข้อในหน่วยการเรียนรู้และบทเรียนวิจัย โดยพิจารณาแนวคิดหลักที่จำเป็นในหน่วยการเรียนรู้และเชื่อมโยงไปยังแนวคิดอื่น รวมทั้งระบุสิ่งที่ขาดในความรู้ของครูที่จะพัฒนาบทเรียน

การกระตุ้นกระบวนการของการพัฒนาบทเรียนร่วมกันโดยปราศจากการพิจารณาองค์ประกอบอื่นที่เป็นปัญหาซึ่งกลุ่มครูจะสามารถเอาชนะอุปสรรคไปได้โดยการสะท้อนการปฏิบัติในการพัฒนาบทเรียนร่วมกันอย่างต่อเนื่อง หากครูไม่มีพื้นฐานในการทำงานในแนวคิดสำคัญและปรับให้เป็นลักษณะนิสัย การพัฒนาบทเรียนร่วมกันก็จะไม่นำมาซึ่งการปรับปรุงและการพัฒนาการสอนและการเรียนรู้

2.2.2 การพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การพัฒนาบทเรียนร่วมกันเป็นกระบวนการที่กลุ่มครูได้ร่วมมือกันออกแบบบทเรียนซึ่งเปิดโอกาสให้ครูแต่ละคนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยในขั้นการออกแบบบทเรียนครูจะได้พัฒนาความรู้และทักษะในการสืบค้นสื่อการเรียนรู้จากอินเทอร์เน็ตและการใช้ไฮเปอร์ลิงค์ผ่านการนำเสนองาน โดยในขั้นตอนการนำบทเรียนไปใช้จะเป็นการประยุกต์ความรู้ของครูผ่านการปฏิบัติการสอนโดยใช้บทเรียนที่กลุ่มครูร่วมกันออกแบบ นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้ครูได้ร่วมกันสะท้อนผลการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนจากการนำบทเรียนไปใช้ปฏิบัติการสอนในห้องเรียน พร้อมทั้งได้อภิปรายถึงข้อดีข้อเสียของแนวการสอนและการเลือกใช้เทคโนโลยี จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการใช้การพัฒนาบทเรียนร่วมกันเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาพบว่า มีแนวทางที่สอดคล้องกับการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ดังนี้

Kafyulilo, A. C., Fisser, P., & Voogt, J. (2015) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบการเชื่อมโยงของความก้าวหน้าทางวิชาชีพ (Interconnected Model of Professional Growth) เพื่อส่งเสริมความรู้และทักษะที่บูรณาการเทคโนโลยีของครูในการพัฒนาวิชาชีพ โดยใช้กรอบแนวคิดรูปแบบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge; TPACK) ร่วมกับการออกแบบบทเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีแบบร่วมมือ การนำบทเรียนไปใช้และการสะท้อนผลลัพธ์ ซึ่งโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพขั้นตอนดังนี้

1. การอบรมเชิงปฏิบัติการ (workshop) จัดกิจกรรมโดยแนะนำครูเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีและทีมงานออกแบบครู จากนั้นทำการฝึกอบรวมการสืบค้นและการดาวน์โหลดโปรแกรมการเรียนรู้แบบออนไลน์และทำการทบทวนตัวอย่างบทเรียนร่วมกัน ซึ่งจะมีการเตรียมการออกแบบบทเรียนในทีม สิ่งสำคัญในการสนับสนุนกิจกรรมนี้คือผู้เชี่ยวชาญ โปรแกรมออนไลน์ ตัวอย่างบทเรียนโดยการแนะนำแบบร่วมมือ ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 4 วัน โดยทำการอบรมเป็นเวลา 3 ชั่วโมงต่อวัน

2. การออกแบบบทเรียนในทีมออกแบบ (Lesson design in design teams) จัดกิจกรรมโดยร่วมมือกันออกแบบบทเรียนที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีโดยใช้อุปกรณ์ออนไลน์ สิ่งสำคัญในการสนับสนุนกิจกรรมนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญ โปรแกรมออนไลน์ ตัวอย่างบทเรียนโดยการแนะนำแบบร่วมมือ ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ โดยมีการประชุมทีมสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 2-3 ชั่วโมงต่อวัน

3. การนำบทเรียนไปใช้ (Lesson implementation) สมาชิก 1 คนในทีมสอนบทเรียนที่ได้ร่วมกันออกแบบในชั้นเรียน และสมาชิกคนอื่น ๆ คอยช่วยส่งเสริมนักเรียน สิ่งสำคัญในการสนับสนุนกิจกรรมนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญ ใช้ระยะเวลาทีมละ 80 นาที

4. การสะท้อนผล (reflection) มีการสะท้อนผลการออกแบบบทเรียนร่วมกับครูคนอื่นในทีมและผู้เชี่ยวชาญพร้อมทั้งอภิปรายแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในบทเรียนต่อไป สิ่งสำคัญในการสนับสนุนกิจกรรมนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญ โปรแกรมออนไลน์ ใช้เวลา 1 วัน

ในขั้นตอนที่ 2 การออกแบบบทเรียนถึงขั้นตอนที่ 3 การสะท้อนผลเป็นการเริ่มปฏิบัติการวงจรรอบที่ 1 เมื่อพบปัญหาอุปสรรคและได้ข้อสรุปในแนวทางแก้ไขให้เริ่มต้นในขั้นตอนที่ 2 เป็นต้นไปเป็นวงจรรอบที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสามารถพัฒนาความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนวิทยาศาสตร์ โดยกระบวนการในรูปแบบการร่วมมือช่วยให้กลุ่มครูเข้าใจกระบวนการออกแบบมากขึ้น

Kafyulilo, A., Fisser, P., & Voogt, J. (2016) ศึกษาผลของการพัฒนาวิชาชีพครูโดยการออกแบบเป็นทีมเพื่อการพัฒนาความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีของครู วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โดยโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพประกอบด้วย 4 ระยะ ได้แก่ 1) การ

อบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์และการทำงานในทีม ออกแบบเตรียมบทเรียนที่เสริมสร้างเทคโนโลยีในบทเรียนวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ซึ่งครูจะสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ Microsoft PowerPoint และการบันทึกวิดีโอ เพื่อใช้ในการสอน 2) การออกแบบบทเรียน 3) การนำบทเรียนไปใช้ในห้องเรียน และ 4) การสะท้อน ด้านการออกแบบบทเรียนและการนำบทเรียนไปใช้ ผลการวิจัยพบว่าความรู้แะทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีของครูสูงขึ้นระหว่างก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ โดยการร่วมมือในทีมออกแบบมีประสิทธิภาพทำให้ครูสามารถแลกเปลี่ยนความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และความท้าทายเกี่ยวกับการสอนที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี

Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2017) ศึกษาการพัฒนาความรู้ ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (TPACK-21CL) ของครู วิทยาศาสตร์จำนวน 37 คน ผ่านกระบวนการพัฒนาวิชาชีพครู 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ประเมินการออกแบบบทเรียนปัจจุบันด้วยเกณฑ์การให้คะแนน ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (TPACK-21CL rubric) ขั้นนี้จะทำให้ทราบมุมมองของครูเกี่ยวกับการรับรู้ของครูในการนำบทเรียนไปใช้ในชั้นเรียน และ นักพัฒนาวิชาชีพจะแนะนำครูในการใช้เกณฑ์การให้คะแนนเพื่อประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ปัจจุบัน รวมทั้งการช่วยเหลือครูในการเริ่มออกแบบบทเรียนโดยการใช้คำถาม กระบวนการนี้จะช่วยให้ครู ถึงทางเลือกและการตัดสินใจในการออกแบบบทเรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ขั้นที่ 2 ตั้งเป้าหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เมื่อครูได้ประเมินบทเรียนปัจจุบันแล้ว จึงทำการเลือกสิ่งที่จะต้องปรับปรุง และตั้งเป้าหมาย ซึ่งขั้นนี้ต้องมีความชัดเจนในแนวทางการเปลี่ยนแปลงวิธีสอนรวมถึงแนวทางการทำ ให้อุปสรรคในการรับรู้ของครูลดน้อยลง โดยในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 จะใช้การอบรมเชิงปฏิบัติการเป็น เวลา 1 วัน

ขั้นที่ 3 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน ครูในทีม 4-6 คน ร่วมกันออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่ได้กำหนดในแต่ละสัปดาห์

ขั้นที่ 4 การนำบทเรียนไปใช้และประเมินผลลัพธ์ของนักเรียน ครูนำ บทเรียนที่ออกแบบร่วมกันไปใช้ในชั้นเรียนเป็นเวลา 6-10 เดือน ระหว่างการสอนครูบันทึกวิดีโอ รวมทั้งทำการประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียนตามเป้าหมายที่กำหนด

ขั้นที่ 5 การทบทวนและการสะท้อนผล ครูร่วมกันสะท้อนผลลัพธ์จากการ นำบทเรียนไปใช้และระบุสิ่งที่ต้องทำการปรับปรุงในกระบวนการออกแบบ และทำการเริ่มขั้นตอนที่ 1 ในวงจรการออกแบบต่อไป

ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการพัฒนาวิชาชีพครูให้ประสิทธิผลเชิงบวกในความมั่นใจของครูเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 รวมถึงทักษะการออกแบบบทเรียน ซึ่งกลุ่มครูจำนวน 5 กลุ่ม สามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงวิธีสอนสู่การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และครูจำนวน 6 กลุ่มสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้

2.3 การสัมมนา

Kim et al. (2012) เสนอโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพในรูปแบบชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพสู่การสอนวิทยาศาสตร์ (Professional Learning Community Model for Entry into Teaching Science; PLC-METS) ผ่านเว็บวิกิ (Wiki Web) โดยอยู่บนพื้นฐานของการบูรณาการการแลกเปลี่ยนความรู้ การร่วมมือร่วมพลัง และการสื่อสารระหว่างครูใหม่และนักวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้ครูใหม่มีความสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพมีระยะเวลา 1 ปี ผู้เข้าร่วมประกอบด้วย ครูวิทยาศาสตร์ที่เริ่มงานนักวิทยาศาสตร์ และครูพี่เลี้ยง โดยแบ่งเป็น 4 กิจกรรม ดังนี้

2.3.1 การประชุมปฏิบัติการเพื่อเพิ่มความสามารถด้านเทคโนโลยี (technology proficiency sessions) เป็นการสัมมนาและใช้การนำเสนอออนไลน์เกี่ยวกับวิธีการใช้เทคโนโลยีวิกิ ซึ่งจะได้ใช้เวลาในการปฏิบัติเพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับหน้าที่พื้นฐานของการสร้าง การเพิ่ม การแก้ไข และการลบเพจ การอัปโหลดไฟล์ และการสร้างไฮเปอร์ลิงค์ (hyperlink) ระวังหน้าเพจ ไฟล์ และรูปภาพ เพื่อให้ครูมีความสามารถในการใช้วิกิในชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพกับสมาชิกคนอื่น ๆ ซึ่งกลวิธีในการพัฒนาวิชาชีพของกิจกรรมนี้คือ การสัมมนาและการประชุมเชิงปฏิบัติการ

2.3.2 กิจกรรมกลุ่มครูพี่เลี้ยง (mentoring group activities) กลุ่มครูพี่เลี้ยงประกอบด้วยครูพี่เลี้ยง 1-2 คน และครูใหม่ 4-7 คน โดยกลุ่มครูพี่เลี้ยงจะมีปฏิสัมพันธ์ผ่านเครื่องมือออนไลน์และการประชุมตลอดทั้งปี ซึ่งวิกิจะใช้หลังจากการประชุมสำหรับเป็นพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับครูพี่เลี้ยงแต่ละกลุ่ม ซึ่งกิจกรรมนี้จะเน้นการทำงานแบบร่วมมือและแลกเปลี่ยนข้อมูลในการติดต่อ

2.3.3 การประชุมเกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้โดยนักวิทยาศาสตร์ (scientist inquiry sessions) ใช้กลวิธีการสัมมนา นักวิทยาศาสตร์จะช่วยกระตุ้นครูใหม่ให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้รวมทั้งเป็นตัวอย่งด้านกระบวนการคิด ซึ่งการสัมมนาประกอบด้วย ปัญหาที่สำคัญ วัตถุประสงค์ของบทเรียน ขอบเขตและลำดับของบทเรียน แก่นของความคิด กิจกรรมการวิจัย ความรู้และวัสดุทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ได้นำเสนอข้อมูลโครงการวิจัยขนาดเล็ก เพื่อแนะแนวทางให้ครูผู้เข้าร่วมสร้างงานวิจัยด้วยการพัฒนาสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการสื่อสารผลการทดลอง การสัมมนารวมไปถึงกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ครูสามารถนำไปใช้ในบทเรียนได้

2.3.4 การแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการสร้างแหล่งทรัพยากรในการสืบเสาะหาความรู้ (building and sharing inquiry resources) สมาชิกในชุมชนแห่งการเรียนรู้ทำงานโดยการพัฒนาผู้รอบรู้ในการสืบเสาะหาความรู้กับการสนับสนุนผ่านออนไลน์ เมื่อสมาชิกต้องการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กลวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อนำการสืบเสาะหาความรู้ไปใช้ในบทเรียน โดยครูจะสร้างเพจวิกิเพื่อร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้และนำไปใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ของตนเอง

ผลการวิจัยพบว่าเว็บวิกิสามารถช่วยในการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพในการร่วมมือระหว่างครูใหม่และนักวิทยาศาสตร์

Morsink et al. (2011) ทำการศึกษาแนวทางการเรียนรู้ของครูระดับประถมศึกษาในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีผ่านโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่มีการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่อุปกรณ์ในชั้นเรียน ซึ่งโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพเน้นการทำงานร่วมกันของครู แบ่งเป็น 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 ทำการสัมมนาเกี่ยวกับเครื่องมือดิจิทัล โดยมีทีมวิจัยจากมหาวิทยาลัยเข้ามาเป็นคู่ร่วมกับครูผู้เข้าร่วมการปฏิบัติเพื่อให้ความช่วยเหลือ และเปิดโอกาสให้ครูได้สำรวจเทคโนโลยีใหม่ในเป้าหมายการวางแผนหลักสูตรตลอดภาคเรียน จากนั้นครูจะได้เรียนรู้มุมมองและความเชื่อของกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยเน้นเทคโนโลยีที่เป็นเครื่องมือในการนำไปใช้เกี่ยวกับหลักสูตรและวิธีสอน โดยการกระตุ้นครูให้เกิดการสนทนาเกี่ยวกับเป้าหมายของหลักสูตรและการสอนร่วมกับการใช้เทคโนโลยี ในช่วงนี้ครูจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการบูรณาการเข้ากับการออกแบบหลักสูตรและการสอน ซึ่งช่วงที่ 1 นี้จะดำเนินการในช่วงฤดูร้อน ช่วงที่ 2 ครูจะได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้จากการทำงานในช่วงที่ 1 ซึ่งกันและกัน รวมทั้งร่วมกันอภิปรายถึงการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่อุปกรณ์หลักสูตรและการสอน ช่วงที่ 3 ครูจะนำหลักสูตร และการสอนที่ได้ร่วมกันออกแบบมาใช้ในโรงเรียนเป็นเวลา 4 เดือน ผลการวิจัยพบว่าครูผู้เข้าร่วมมีความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการออกแบบหลักสูตรและการสอนเพิ่มขึ้น

2.4 การใช้ระบบพี่เลี้ยง

Kim, H. J., & Herbert, B. (2012) เสนอโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพในรูปแบบชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพสู่การสอนวิทยาศาสตร์ (Professional Learning Community Model for Entry into Teaching Science; PLC-METS) ผ่านเว็บวิกิ (Wiki Web) โดยอยู่บนพื้นฐานของการบูรณาการการแลกเปลี่ยนความรู้ การร่วมมือรวมพลัง และการสื่อสารระหว่างครูใหม่และนักวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมให้ครูใหม่มีความสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพมีระยะเวลา 1 ปี ผู้เข้าร่วมประกอบด้วย ครูวิทยาศาสตร์ที่เริ่มงาน นักวิทยาศาสตร์ และครูพี่เลี้ยง โดยกิจกรรมกลุ่มครูพี่เลี้ยง (mentoring group activities) ประกอบด้วยครูพี่เลี้ยง 1-2 คน และครูใหม่ 4-7 คน โดยกลุ่มครูพี่เลี้ยงจะมี

ปฏิสัมพันธ์ผ่านเครื่องมือออนไลน์และการประชุมตลอดทั้งปี ซึ่งวิกิจะใช้หลังจากการประชุมสำหรับเป็นพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับครูพี่เลี้ยงแต่ละกลุ่ม ซึ่งกิจกรรมนี้จะเน้นการทำงานแบบร่วมมือและแลกเปลี่ยนข้อมูลในการติดต่อ

2.5 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 4 คน จากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพ โดยมีกิจกรรมที่ครูครุร่วมกันทำวิจัยเชิงปฏิบัติการจากการสะท้อนการปฏิบัติและการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ซึ่งครูและนักการศึกษาจะทำงานร่วมกัน

2.6 รายวิชาด้านเนื้อหา

Lehiste, P. (2015) ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพที่มีต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูประจำการในประเทศเอสโตเนีย เพื่อส่งเสริมให้ครูนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระยะเวลา 2 ปี โดยจัดให้ครูเข้าอบรมที่มหาวิทยาลัยจำนวน 10 คอร์ส ได้แก่ 1) การใช้คอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพ 2) การสอนและการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล 3) พื้นฐานด้านมัลติมีเดีย 4) การรู้ดิจิทัล 5) การผลิตสื่อมัลติมีเดียดิจิทัล 6) โปรแกรมทางสังคมออนไลน์ 7) ประเด็นทางกฎหมายและความปลอดภัยในระบบ e-learning 8) การสร้างสรรค์ทรัพยากรการเรียนรู้ดิจิทัล 9) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ใช้เว็บไซต์เป็นฐานและเครือข่ายออนไลน์ และ 10) การออกแบบวิดีโอทางการศึกษาและการนำไปใช้ในชั้นเรียน โดยในระหว่างการอบรมครูผู้เข้าร่วมโปรแกรมจะได้เรียนรู้การออกแบบและวิเคราะห์ทรัพยากรในการสอนที่แตกต่างกัน เช่น วิดีโอทางการศึกษา การนำเสนอ กิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งแผนการจัดการเรียนรู้ โดยโปรแกรมการฝึกอบรมจะสอดคล้องตามแนวการสอนและเงื่อนไข กิจกรรมการกระตุ้น ประสบการณ์การเรียนรู้ตามสภาพจริง กลวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย การทำงานแบบร่วมมือกับเพื่อนในกลุ่ม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การสนับสนุน การสะท้อน โดยจะทำกิจกรรมทุกวันศุกร์และวันเสาร์ และทำการประชุมติดตามงานโดยการสื่อสารออนไลน์ผ่านบล็อก อีเมล เฟสบุ๊ก และทวิตเตอร์

Tanak, A. (2020) ทำการออกแบบรายวิชาที่เน้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นฐานเพื่อเตรียมครูวิทยาศาสตร์ให้สามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนที่จำเพาะกับเนื้อหาวิชา โดยรายวิชาแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 เป็นการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ระยะที่ 2 เป็นการ

พัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีและความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี โดยนำเสนอการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการใช้เทคโนโลยีและการปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยี ที่จำเพาะเนื้อหาและวิธีสอน ในระยะที่ 3 เป็นการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยการสาธิตบทเรียนที่เน้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นฐานรวมทั้งการออกแบบ บทเรียนที่เน้นการใช้เทคโนโลยีและนำไปปฏิบัติการสอน



ตาราง 8 สรุปงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาความรู้ทัศนและเทคโนโลยี

นักวิจัย		4	11	4	13	47	12	265	20	22	17	3	10	46	18	12	37	15	3	40	6
ประเด็น																					
1. การจัดการเรียนรู้เชิงอาชีพ																					
1.1 การประเมินเชิงปฏิบัติการ	●																				
1.2 การพัฒนาการเรียนรู้ร่วมกัน	●																				
1.3 การเรียนรู้ระหว่างปฏิบัติงาน	●																				
1.4 การสัมมนา																					
1.5 การใช้ระบบที่เสียง																					
1.6 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ	●																				
1.7 การพัฒนารายวิชา																					
1.8 ระบบออนไลน์																					
2. เครื่องมือวิจัย																					
2.1 แบบสำรวจ	●																				
2.2 แบบสอบถาม	●																				
2.3 แบบสัมภาษณ์รายคน	●																				
2.4 แบบสัมภาษณ์การอภิปรายกลุ่ม	●																				
2.5 แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน	●																				
2.6 แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้																					
2.7 แบบวัด																					
2.8 แบบประเมินชิ้นงานนักเรียน																					
2.9 แบบบันทึกภาคสนาม																					
3. จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัย (คน)	4	11	4	13	47	12	265	20	22	17	3	10	46	18	12	37	15	3	40	6	

จากตาราง 8 จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีผ่านโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพส่วนใหญ่มักจะใช้กลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพโดยการประชุมเชิงปฏิบัติการ เนื่องจากเป็นการส่งเสริมให้ครูได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงในการลงมือปฏิบัติงานและรวมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ รวมทั้งการพัฒนาบทเรียนร่วมกันซึ่งครูได้ร่วมกับการออกแบบบทเรียน สะท้อนบทเรียนและปรับปรุงบทเรียนร่วมกันเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ในส่วนเครื่องมือวิจัยส่วนใหญ่มักจะใช้แบบสำรวจ แบบสัมภาษณ์ แบบสัมภาษณ์การอภิปรายกลุ่ม แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน และแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ในการตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีขณะที่ครูเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศไทย

เจนศึก โภธิศาสตร์ (2553) ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาบูรณาการวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในเขตจังหวัดนนทบุรี โดยใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพซึ่งประกอบด้วยการประชุมเชิงปฏิบัติการ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตพฤติกรรม การตอบแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ รวมทั้งวิเคราะห์เอกสารต่าง ๆ ที่ครูนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนซึ่งได้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพแล้วนำมาสังเคราะห์เป็นข้อสรุปและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยเทคนิคสามเส้า ผลการวิจัยพบว่าครูมีการพัฒนาความรู้ความรู้ในเนื้อหาบูรณาการวิธีสอนด้วยการนำเทคโนโลยีไปใช้ตามความเหมาะสมของแต่ละคน ครูพัฒนาการสอนเนื้อหาได้อย่างถูกต้องและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนได้เป็นอย่างดีตามหลักสูตรสถานศึกษาและแผนการจัดการเรียนรู้ ครูแต่ละคนสามารถใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อการเรียนรู้ได้ แต่ครูยังขาดความมั่นใจในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ (2559) ศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์เพื่อการจัดการเรียนรู้บูรณาการบริบทชุมชนท้องถิ่นและปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพโดยสร้างและพัฒนาจากแนวคิดระบบหนุนนำอย่างต่อเนื่อง (teacher coaching) และรูปแบบการร่วมมือกันในการสอน (Co-teaching model) โดยเน้นกระบวนการพัฒนาและการปฏิบัติจริงที่เกิดขึ้นที่โรงเรียน (School-based Practicum) ซึ่งระบบหนุนนำอย่างต่อเนื่องจะเกิดจากความร่วมมือของ โรงเรียนและสถานศึกษา ผู้บริหาร ครู โดยมีการบูรณาการวิธีการสอนแบบร่วมมือ (Co-teaching Model) เข้าร่วมกับการศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ (Lesson Study) ผลการศึกษาพบว่าในช่วงเริ่มต้นครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจเกี่ยวกับปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในด้านความหมาย ที่มา และองค์ประกอบ แต่ไม่สามารถอธิบายหรือ

สะท้อนต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ของตนเองได้ รูปแบบการสอนของครูส่วนใหญ่เน้นการบรรยาย และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อครูวิทยาศาสตร์เข้าร่วม ในโครงการพัฒนาวิชาชีพ (Co-TPACK) นี้พบว่าครูวิทยาศาสตร์สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และวิธีการสอน โดยครูวิทยาศาสตร์มีการวางแผน การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนอย่าง ชัดเจน รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครู (Co-TPACK) ซึ่งจะเน้นกระบวนการแลกเปลี่ยนความรู้และ ประสบการณ์ระหว่างครู นักศึกษาและอาจารย์นิเทศที่มีบทบาทเป็นนักวิจัยและครูต่างโรงเรียนผ่าน ช่องทาง ที่หลากหลาย รวมถึงการใช้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ผ่านออนไลน์สามารถ ส่งเสริมให้ครูวิทยาศาสตร์ออกแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็น รากฐานมีการใช้เหตุการณ์ สถานการณ์ สถานที่ในจังหวัดภูเก็ต เข้าร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ผลการพัฒนาของครูวิทยาศาสตร์ด้าน TPACK นั้นส่งผลให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถสอน วิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ถึงปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงได้ (Explicit Teaching) และการพัฒนาที่เกิดขึ้นกับครูวิทยาศาสตร์กลุ่มนี้มีความยั่งยืนโดยเห็นได้จากแผนการจัดการเรียนรู้และ การปฏิบัติการ สอนของครูวิทยาศาสตร์

กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์ (2560) ศึกษาการพัฒนาความรู้ความสามารถบูรณาการ เทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนขยาย โอกาสทางการศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแห่งหนึ่ง โดยใช้โปรแกรมการ พัฒนาวิชาชีพซึ่งประกอบด้วยกรอบการอบรมเชิงปฏิบัติการและการเรียนรู้ระหว่างการปฏิบัติงาน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ การทำแบบวัดและการสังเกต ตลอดจนการวิเคราะห์ แผนการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและการอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า 1) ครูมีการรับรู้ว่ามีความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นอย่างดี แต่ยังประสบปัญหาด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการเรียนการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้และการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยครูสามารถใช้ เทคโนโลยีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้บ้าง ส่วนใหญ่ในลักษณะของสื่อการสอนแต่ยังไม่ สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้ ส่งผลต่อการปฏิบัติการ สอนของครู 2) โปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ความสามารถ บูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครู โดยทำให้ครูได้รับการพัฒนาใน องค์ประกอบด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ และองค์ประกอบด้านการบูร ณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ ช่วยให้ครูสามารถบูรณาการความรู้ทั้ง 3 องค์ประกอบเข้าด้วยกัน ส่งผลให้ครูสามารถนำไปใช้ในการออกแบบและปฏิบัติการสอนได้ดีขึ้นใน บริบทของแต่ละคน ครูสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ใน แต่ละเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีแนวโน้มที่จะ

มีพฤติกรรมการสอนที่สะท้อนความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะเพิ่มมากขึ้น

Srisawasdi, N. (2014) พัฒนาโปรแกรมพัฒนาวิชาชีวศรัวิทยาศาสตร์โดยใช้สภาพแวดล้อมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนที่จำเพาะเนื้อหาและบริบทในชั้นเรียน โดยใช้กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมาใช้ในการออกแบบโปรแกรม โดยเริ่มจากการพัฒนารายวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิธีสอนและการผนวกการปฏิบัติการใช้ปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ในการสอนวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ทั่วไปเป็นระยะเวลา 3 ปี โดยในปีที่ 1 เป็นรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ในการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ ในปีที่ 2 เป็นการพัฒนาแนวคิดของวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนซึ่งมีการปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค และในปีที่ 3 เป็นการใช้กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของศรัวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ในปีที่ 1 ศรัวิทยาศาสตร์สามารถใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาแต่ยังไม่สามารถบูรณาการกับการสอนและการเรียนรู้ได้ ปีที่ 2 ศรัวิทยาศาสตร์สามารถตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหา การสอนและการเรียนรู้ และในปีที่ 3 ศรัวิทยาศาสตร์สามารถใช้เทคโนโลยีได้จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับการสอนและการเรียนรู้ รวมทั้งสามารถออกแบบหลักสูตรและประเมินผลการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาที่จำเพาะ

Tanak, A. (2020) ทำการออกแบบรายวิชาที่เน้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นฐานเพื่อเตรียมศรัวิทยาศาสตร์ให้สามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนที่จำเพาะกับเนื้อหาวิชา โดยรายวิชาแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 เป็นการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ระยะที่ 2 เป็นการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีและความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี โดยนำเสนอการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการใช้เทคโนโลยีและการปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะเนื้อหาและวิธีสอน ในระยะที่ 3 เป็นการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยการสาธิตบทเรียนที่เน้นความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นฐานรวมทั้งการออกแบบบทเรียนที่เน้นการใช้เทคโนโลยีและนำไปปฏิบัติการสอน ผลการวิจัยพบว่า ศรัวิทยาศาสตร์ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนมากกว่าเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้เทคโนโลยีกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนจากประสบการณ์การลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่ส่งถึงเนื้อหา รวมทั้งศรัวิทยาศาสตร์ใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยผู้เรียนเห็นมโนภาพในแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรม อีกทั้งการใช้เทคโนโลยีเป็นแรงจูงใจแต่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีผสมผสานในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Borthwick, A., & Pierson, M. (2008) ได้กล่าวถึงความสำเร็จของการพัฒนาวิชาชีพครูในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งคล้ายกับวงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยการกระตุ้นให้ครูเริ่มฝึกตนเองจากการคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ของการทำงาน ซึ่งสามารถพัฒนาการสอนและการเรียนรู้จากการร่วมมือกันกับเพื่อนร่วมงานที่มีประสบการณ์มากกว่าเพื่อแก้ปัญหาในเชิงปฏิบัติ การประเมินผล การสะท้อนข้อค้นพบซึ่งกันและกัน จึงจะเป็นส่วนในการพยายามพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง และได้เสนอรูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเป็นปกติ ได้แก่ การสะท้อน (reflection) การสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) การร่วมมือ (collaboration) และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (share) รูปแบบของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีนี้จึงเป็นการปฏิบัติที่มีความต่อเนื่องที่ส่งเสริมการทำงานและวัฒนธรรมการสอน สอดคล้องกับ Hechter and Phye (2011) ซึ่งได้ทำการศึกษากิจการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการกับครูวิทยาศาสตร์ โดยการสำรวจสิ่งอำนวยความสะดวกในบทเรียนของแต่ละส่วนในองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ได้แก่ ความรู้ในวิธีสอนผนวกเนื้อหา (TPK) และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) ผลการศึกษาพบว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการสามารถพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Graham et al. (2009) ศึกษาความมั่นใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ผ่านโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพ (SciencePlus professional development program) ซึ่งเป็นโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่เน้นประสบการณ์ในวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์รวมทั้งความรู้ในเนื้อหาเกี่ยวกับชีววิทยาและวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก โดยโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพแบ่งเป็น 3 ระยะ โดยมีวิทยากรเป็นนักวิทยาศาสตร์ศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัย คือ ระยะที่ 1 เป็นระยะในการเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการ และการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นเวลา 2 วัน ในระยะที่ 2 เป็นระยะการลงมือปฏิบัติเป็นการศึกษาหัวข้อวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเชิงลึกรวมทั้งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และระยะที่ 3 เป็นระยะการถ่ายโอนการพัฒนาการสอน การสะท้อนความคิดบทเรียนที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้และครุ่นนำความรู้ไปใช้ในห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสามารถช่วยพัฒนาความมั่นใจในความรู้ด้านเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ครูสามารถใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่ยังมีครูจำนวนหนึ่งที่ยังไม่สามารถใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจำนวน 4 คน จากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพเป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วยกิจกรรม การแนะนำการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และสื่อเทคโนโลยี การแนะนำครูให้เข้าร่วมเว็บไซต์ ซึ่งเป็นเว็บไซต์สำหรับการสืบค้นและแลกเปลี่ยนแหล่งทรัพยากรในการเรียนรู้ โดยให้ครูได้มีปฏิสัมพันธ์กับนักวิจัยในมหาวิทยาลัยและผู้ร่วมวิชาชีพเพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนและอภิปรายแหล่งทรัพยากรในบทเรียน กิจกรรมที่ครูร่วมกันดัดแปลงกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานผ่านการนำไปใช้ การอภิปราย และการสะท้อน ซึ่งครูจะได้พัฒนาความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และประสิทธิภาพของเครื่องมือด้านเทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้ของนักเรียน จากนั้นครูแต่ละคนเขียนประสบการณ์ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือด้านเทคโนโลยีในบล็อกของเว็บไซต์ TEC community จากนั้นครูได้ร่วมกันออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีและใช้เว็บไซต์ TEC community ในการตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนแผนการจัดการเรียนรู้และหลักสูตร รวมทั้งสะท้อนการเรียนรู้ของครู จากนั้นจึงครูร่วมกันทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพส่งผลทางบวกในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์

Jimoyiannis, A. (2010) ทำการออกแบบหลักสูตรพัฒนาความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการบูรณาการเทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน โดยหลักสูตรแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ โมดูลทางทฤษฎีและโมดูลเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในวิทยาศาสตร์ศึกษา เริ่มจากการแนะนำทักษะพื้นฐานในการใช้เทคโนโลยีในวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลอง ซอฟต์แวร์ สถานการณ์จำลอง รวมถึงแนวคิดและทฤษฎีในวิธีสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จากนั้นจึงปฏิบัติการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและพัฒนาสถานการณ์จำลองที่จำเพาะกับเนื้อหาเฉพาะและมาอภิปรายร่วมกันถึงเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน จากนั้นจึงทำการออกแบบบทเรียนและนำบทเรียนไปใช้ในห้องเรียนและร่วมกันให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อทำการปรับปรุงบทเรียน ผลการวิจัยพบว่า ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์รวมทั้งครูวิทยาศาสตร์สามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ด้านเนื้อหา วิธีสอนและวิธีสอนมากกว่าการมองแบบแยกส่วน

Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. (2015) ทำการวิจัยกรณีศึกษาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูโดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop) ภายใต้กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีร่วมกับแนวคิดลักษณะของการพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพสำหรับการสอน

วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้บล็อก (blogs) ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 คน โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการแบ่งเป็น 2 ช่วง ในช่วงที่ 1 เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี เป็นการพัฒนาความรู้ของครูในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี โดยแสดงให้เห็นกิจกรรมที่หลากหลายภายใต้กิจกรรมที่ใช้บล็อก (blogs) เป็นฐาน จากนั้นกระตุ้นให้ครูได้อภิปรายเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและปัจจัยด้านบริบท เช่น ความต้องการของนักเรียน การจัดการ การเข้าถึงเทคโนโลยี รวมถึงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนการสอนและเทคโนโลยีเมื่อได้ทำการวางแผนและนำไปใช้ โดยอภิปรายในมุมมองและประเด็นการพิจารณาเมื่อสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้บล็อก (blogs) ในห้องเรียน ครูจะได้เรียนรู้การออกแบบบล็อก (blogs) การเชื่อมโยงไปยังบทความและเว็บไซต์ จากนั้นครูจะร่วมมือกันวางแผนกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปใช้สอนเพื่อให้บรรลุตามผลการเรียนรู้ในเนื้อหาเฉพาะ จากการร่วมกันค้นคว้าบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอน ในช่วงที่ 2 ครูทำงานร่วมกันแบบร่วมมือรวมพลังในการออกแบบบทเรียนเพื่อทำบล็อก (blogs) ติดตามและสอบถามรายละเอียดเกี่ยวกับการนำบทเรียนไปใช้ โดยสอบถามรายละเอียดก่อนและหลังการใช้กิจกรรมบล็อก (blogs) ผลการวิจัยพบว่ากรอบเชิงปฏิบัติและนำความรู้ไปใช้ในการปฏิบัติงานสอนสามารถช่วยพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

Kafyulilo, A. C., Fisser, P., & Voogt, J. (2015) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบการเชื่อมโยงของความก้าวหน้าทางวิชาชีพ (Interconnected Model of Professional Growth) เพื่อส่งเสริมความรู้และทักษะที่บูรณาการเทคโนโลยีของครูในการพัฒนาวิชาชีพ โดยใช้กรอบแนวคิดรูปแบบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge; TPACK) ร่วมกับการออกแบบบทเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีแบบร่วมมือ การนำบทเรียนไปใช้และการสะท้อนผลลัพธ์ ซึ่งโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพ ประกอบด้วย 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การอบรมเชิงปฏิบัติการ (workshop) เป็นการแนะนำความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี การฝึกอบรมการค้นหาและการดาวน์โหลดสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ รวมทั้งบทวนการออกแบบบทเรียนโดยการร่วมมือรวมพลัง โดยใช้ระยะเวลา 4 วัน วันละ 3 ชั่วโมง ระยะที่ 2 การออกแบบบทเรียน โดยครูร่วมมือกันออกแบบบทเรียนที่ใช้เทคโนโลยีโดยใช้สื่อการเรียนรู้ออนไลน์ ใช้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยครูผู้เข้าร่วมจะประชุมอาทิตย์ละ 3 วัน วันละ 2-3 ชั่วโมง จากนั้นเป็นการนำบทเรียนไปใช้ โดยใช้บทเรียนที่ออกแบบ โดยครู 1 คนในกลุ่ม ส่วนครูที่เหลือจะทำหน้าที่คอยช่วยเหลือนักเรียน การสอนใช้เวลา 80 นาที และการสะท้อนบทเรียนที่ได้นำไปสอนจากครูภายในกลุ่มและผู้เชี่ยวชาญ และร่วมกันอภิปรายแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนต่อไป ใช้ระยะเวลา 1 วัน โดยจะมีลักษณะเป็นวงจรระหว่างการออกแบบบทเรียน การนำบทเรียนไปใช้และ

การสะท้อน ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสามารถพัฒนาความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนวิทยาศาสตร์ โดยกระบวนการในรูปแบบการร่วมมือช่วยให้กลุ่มครูเข้าใจกระบวนการออกแบบมากขึ้น

Kafyulilo, A., Fisser, P., & Voogt, J. (2016) ศึกษาผลของการพัฒนาวิชาชีพครูโดยการออกแบบเป็นทีมเพื่อการพัฒนาความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โดยโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพประกอบด้วย 4 ระยะ ได้แก่ 1) การอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์และการทำงานในทีมออกแบบเตรียมบทเรียนที่เสริมสร้างเทคโนโลยีในบทเรียนวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ซึ่งครูจะสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ Microsoft PowerPoint และการบันทึกวิดีโอเพื่อใช้ในการสอน 2) การออกแบบบทเรียน 3) การนำบทเรียนไปใช้ในห้องเรียน และ 4) การสะท้อนด้านการออกแบบบทเรียนและการนำบทเรียนไปใช้ ผลการวิจัยพบว่าความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีของครูสูงขึ้นระหว่างก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ โดยการร่วมมือในทีมออกแบบมีประสิทธิภาพทำให้ครูสามารถแลกเปลี่ยนความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และความท้าทายเกี่ยวกับการสอนที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี

Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2017) ได้ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (TPACK-21CL) ของครูวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการพัฒนาวิชาชีพครู 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการประเมินการออกแบบบทเรียนปัจจุบัน ขั้นการตั้งเป้าหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ขั้นการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน ขั้นการนำบทเรียนไปใช้และประเมินผลลัพธ์ของนักเรียน และขั้นการทบทวนและการสะท้อนผล ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการพัฒนาวิชาชีพครูให้ประสิทธิผลเชิงบวกในความมั่นใจของครูเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 รวมถึงทักษะการออกแบบบทเรียน ซึ่งกลุ่มครูสามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงวิธีสอนสู่การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นผ่านโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพ : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 2) เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพผู้วิจัยนำเสนอวิธีดำเนินการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

1. ระเบียบวิธีวิจัย
2. บริบทที่ศึกษา
3. ผู้เข้าร่วมวิจัย
4. โปรแกรมพัฒนาวิชาชีพเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี
5. เครื่องมือวิจัยและการพัฒนาเครื่องมือวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล
8. ความน่าเชื่อถืองานวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) โดยใช้รูปแบบกรณีศึกษา (case study) แบบพหุกรณีศึกษา (multiple case study) ซึ่งเป็นการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์เชิงลึกและอยู่ในบริบทจริงจากหลักฐานที่หลากหลาย เพื่ออธิบายกรณีศึกษาอย่างลุ่มลึกเชิงลึกและได้มุมมองในการนำไปใช้ประโยชน์ตามบริบท (Yin, 2014) งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนขยายโอกาส ตลอดระยะเวลาที่เข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้วิจัยศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยการตีความข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยที่หลากหลาย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบวัดความรู้ในเนื้อหา แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม เพื่ออธิบายการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ได้อย่างลุ่มลึก

บริบทที่ศึกษา

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการในช่วงเวลาที่เกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา (Covid-19) ซึ่งมีประชากรในประเทศไทยทั่วทุกภูมิภาคติดเชื้ออย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก กระทรวงศึกษาธิการได้มีประกาศ เรื่อง มาตรการป้องกันและควบคุมสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 สถานศึกษามีการจัดการศึกษาควบคู่ไปกับการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงและประสานกับคณะกรรมการโรคติดต่อจังหวัดอย่างใกล้ชิด กระทรวงศึกษาธิการกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษา 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) รูปแบบ On-Site เป็นการเรียนการสอนภายในสถานศึกษา 2) On-Air เป็นการเรียนการสอนทางไกลผ่านโทรทัศน์ในระบบดิจิทัลและระบบดาวเทียม 3) On-Line เป็นการเรียนการสอนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 4) On-Demand เป็นการเรียนการสอนผ่านแอปพลิเคชัน และ 5) On-Hand เป็นการเรียนการสอนโดยแจกเอกสารประกอบการเรียนให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองที่บ้าน โดยให้สถานศึกษาพิจารณาปรับการจัดการเรียนการสอนตามความเหมาะสมกับสถานการณ์

โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาที่ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งอยู่ในอำเภอที่มีผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) น้อยที่สุดในจังหวัด โดยไม่มีอัตราการติดเชื้อแบบต่อเนื่อง ผู้บริหารสถานศึกษาจึงได้ดำเนินการขอเปิดสถานศึกษาจัดการเรียนการสอนแบบ On-Site โดยครูต้องดูแลผู้เรียนให้ปฏิบัติตามมาตรการป้องกันโรคของสถานศึกษาโดยการรักษาระยะห่างระหว่างบุคคล การสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลาในสถานศึกษา การล้างมือด้วยสบู่และแอลกอฮอล์ ดังนั้นในการปฏิบัติการสอนครูจึงต้องดูแลผู้เรียนและปฏิบัติการสอนตามมาตรฐานป้องกันโรคเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สูงสุดภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา (Covid-19)

1. บริบทด้านโรงเรียน

โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษามีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนได้รับโอกาสในการศึกษาภาคบังคับที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตครอบคลุมทุกพื้นที่ โดยจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นประถมศึกษาถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและบางแห่งจัดการเรียนการสอนจนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อยู่ในสังกัดของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา บริบทโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาจึงเป็นสถานศึกษาที่สานฝันนักเรียนที่ด้อยโอกาสและมีข้อจำกัดต่าง ๆ ในการดำรงชีวิต เช่น ฐานะทางเศรษฐกิจ การอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ให้มีโอกาสดำเนินการศึกษาต่อหลังจากเรียนจบในระดับประถมศึกษา จุดเด่นของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาคือผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนมีความเข้าใจธรรมชาติของผู้เรียนจึงสามารถร่วมกันออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนเพื่อขยายโอกาสในการเรียนรู้

โรงเรียนในการวิจัยครั้งนี้ เป็นโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาขนาดใหญ่เปิดสอนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยเปิดสอนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 2 – ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจัดการศึกษาในลักษณะให้เปล่าจนจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนที่ต้องการศึกษาต่อจากชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมุ่งจัดการศึกษาให้นักเรียนที่ด้อยโอกาส ไม่สามารถเข้าเรียนต่อในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาได้ เนื่องจากฐานะทางเศรษฐกิจและการอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ซึ่งโรงเรียนจัดการศึกษาในมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เน้นการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษาแล้ว

โรงเรียนขาดแคลนวัสดุครุภัณฑ์ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สารเคมี สื่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ เนื่องจากการจัดสรรงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด โรงเรียนมีห้องเรียนจำนวน 29 ห้องเรียน มีครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 3 คน แต่ละคนได้รับผิดชอบสอนทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. บริบทด้านนักเรียน

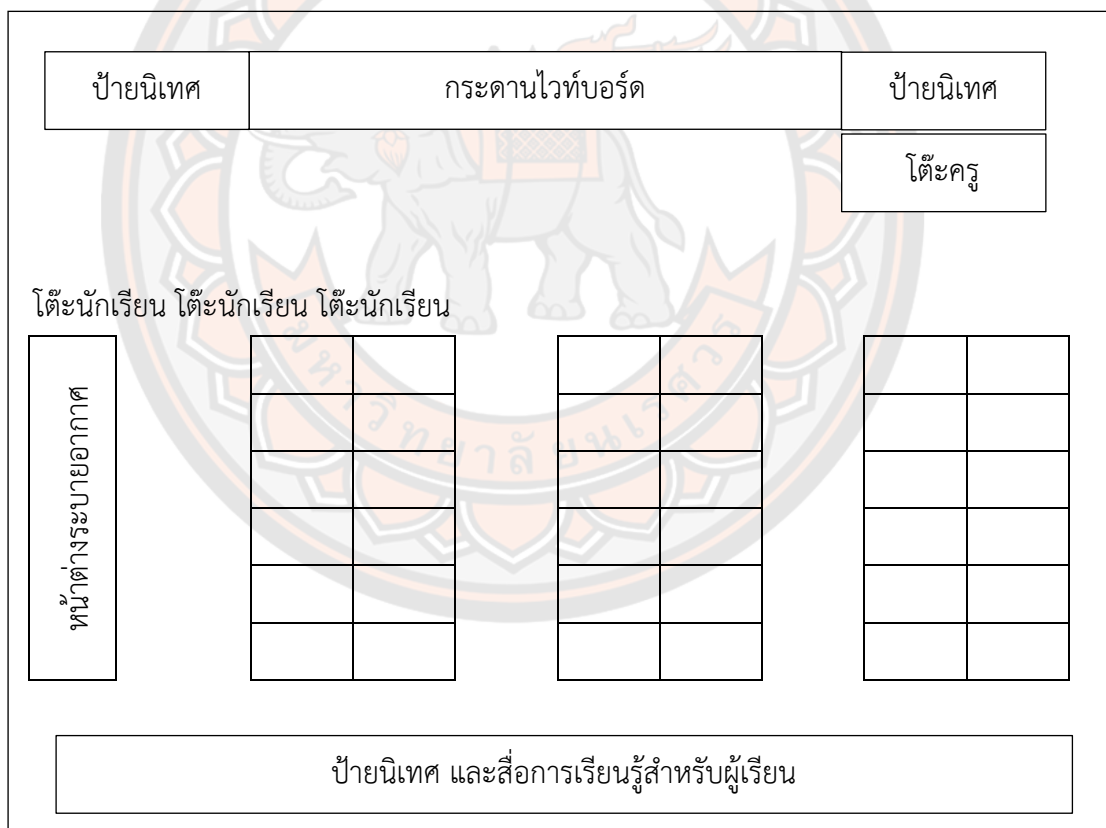
โรงเรียนแห่งนี้มีนักเรียนจำนวน 790 คน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีนักเรียนจำนวน 242 คน โดยมีนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 76 คน แบ่งเป็นเพศชาย 23 คน เพศหญิง 53 คน และแบ่งห้องเรียนเป็นจำนวน 3 ห้องเรียน ผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลการเรียนระดับดีเยี่ยม ร้อยละ 34.21 ระดับดีมาก ร้อยละ 7.89 ระดับดี ร้อยละ 17.11 ระดับค่อนข้างดี ร้อยละ 9.21 ระดับปานกลาง 13.16 ระดับพอใช้ ร้อยละ 10.53 และระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ร้อยละ 7.89 ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานภาคเรียนที่ผ่านมา นักเรียนเรียนด้วยวิธีสอนแบบบรรยายและวิธีสอนแบบทดลอง

จากการที่ผู้วิจัยทำการสำรวจการใช้เทคโนโลยีของนักเรียนระดับประถมศึกษาและนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ พบว่า นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษามีการใช้เทคโนโลยีอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 65 เนื่องจากที่บ้านของนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต และนักเรียนไม่ได้ใช้โทรศัพท์มือถือ ส่วนนักเรียนระดับชั้นมัศึกษามีการใช้เทคโนโลยีอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 72 ส่วนใหญ่นักเรียนใช้เทคโนโลยีในด้านการสื่อสาร เช่น การใช้โซเชียลมีเดีย แต่ในด้านการสืบค้นข้อมูลยังอยู่ในระดับปานกลาง

3. บริบทด้านห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ

ห้องเรียน

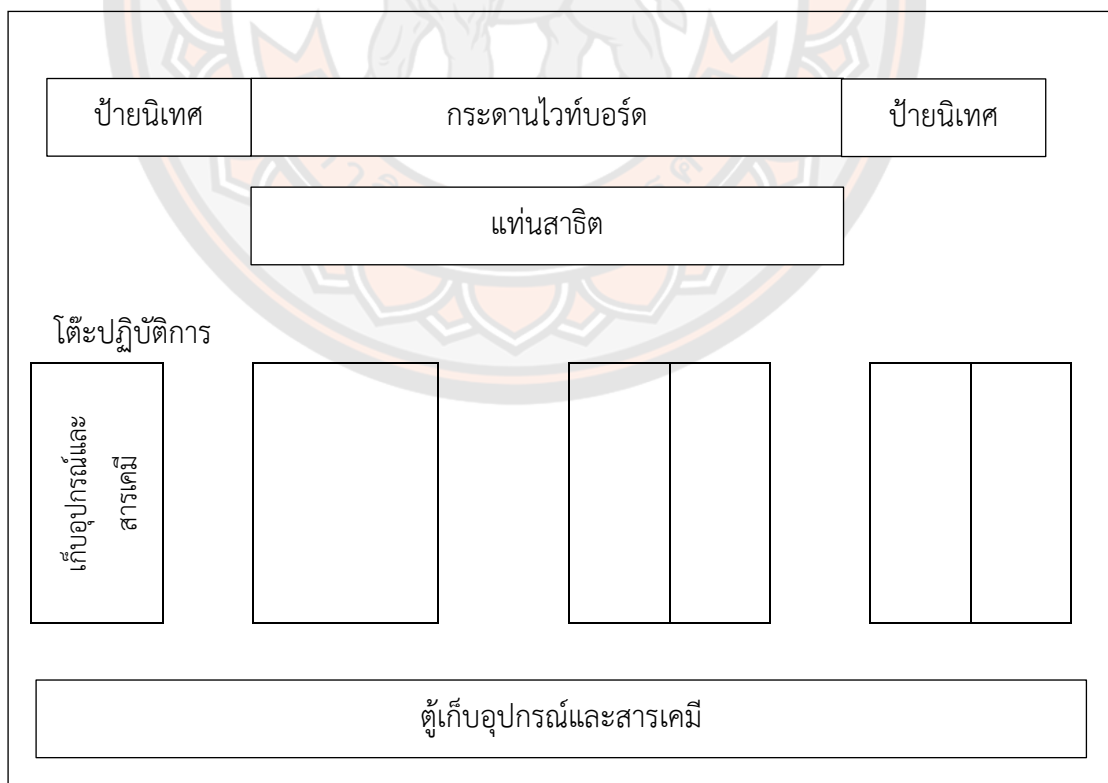
โรงเรียนแห่งนี้มีคอมพิวเตอร์ จำนวน 10 เครื่อง ในห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ จึงไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตโครงการโรงเรียนประชารัฐของ TOT ความเร็ว 640/5.00 Kbps และระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่โรงเรียนเช่าเองของ 3BB ความเร็ว 1 GB นอกจากนี้ในด้านระบบเครือข่าย โรงเรียนมีระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) ที่ค่อนข้างไม่เสถียรไม่สามารถให้นักเรียนใช้ได้ ห้องเรียนส่วนใหญ่ไม่มีสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ รวมทั้งไม่มีโทรทัศน์ มีเครื่องฉายภาพโพรเจกเตอร์เป็นบางห้อง บรรยากาศในห้องเรียนมีสื่อการเรียนการสอนและมุมหนังสือสำหรับนักเรียนจัดอยู่ด้านหลังห้อง ลักษณะการจัดโต๊ะเรียนอยู่ในรูปแบบหันเข้าหากะดาน และมีโต๊ะครูอยู่มุมขวาของห้องเรียน ดังภาพ 11



ภาพ 11 แผนผังห้องเรียน

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

โรงเรียนมีห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ห้อง สำหรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนระดับประถมศึกษาจำนวน 1 ห้อง และระดับชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 2 ห้อง สำหรับห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษา ภายในห้องมีโต๊ะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 1 ชุด มีกระดานไวท์บอร์ดอยู่หน้าชั้นเรียน ไม่มีโทรทัศน์และเครื่องฉายภาพโพรเจกเตอร์ เป็นห้องที่มีขนาดเล็กเนื่องจากใช้ห้องงานสวนพฤกษศาสตร์มาปรับปรุงเป็นห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีโต๊ะปฏิบัติการจำนวน 1 ตัว ซึ่งนักเรียนสามารถนั่งได้เพียง 8 คน นักเรียนที่เหลือต้องใช้โต๊ะอเนกประสงค์ สภาพห้องปฏิบัติการค่อนข้างชำรุดจากการที่น้ำรั่วซึมตามผนังห้อง ในห้องปฏิบัติการมีสื่อการเรียนการสอน สารเคมี วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ วางอยู่ในห้องและเก็บไว้ภายในตู้ประมาณ 7 ตู้ อุปกรณ์การทดลองส่วนใหญ่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและมีจำนวนเพียงพอต่อจำนวนนักเรียน ครูวิทยาศาสตร์จะไม่ได้นั่งประจำอยู่ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการมีความสะอาดพอสมควร เนื่องจากมีการจัดเวรประจำวันเพื่อทำความสะอาดห้องปฏิบัติการ มีป้ายนิเทศและป้ายแสดงข้อมูลเกี่ยวกับข้อปฏิบัติในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการใช้อุปกรณ์การทดลองและสารเคมีอย่างถูกวิธี ดังภาพ 12



ภาพ 12 แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

4. บริบทด้านการเข้าถึงของเทคโนโลยี

พื้นที่ของโรงเรียนมีความจำกัดในด้านความเร็วของสัญญาณอินเทอร์เน็ต และเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) มีความเร็วในการอัปโหลด 25,000kb/s และดาวน์โหลด 56,250kb/s ซึ่งไม่สามารถรองรับการใช้งานทั้งหมดได้และไม่เสถียร ส่วนใหญ่การใช้งานอินเทอร์เน็ตของครูและนักเรียนต้องใช้สัญญาณจากโทรศัพท์มือถือของตนเอง ในด้านเครื่องมือสื่อสารนักเรียนร้อยละ 85 มีโทรศัพท์สมาร์ทโฟนสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ได้ และนักเรียนร้อยละ 11.50 มีแท็บเล็ตและคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กเป็นของตนเอง

ผู้เข้าร่วมวิจัย

กรณีศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกกลุ่มที่ศึกษาแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเป็นครูจากโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา 1 โรงเรียน จำนวน 3 คน ซึ่งผู้วิจัยใช้นามสมมติ ได้แก่ ครูวิณา ครูอารีย์ และครูสมพล

โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกกรณีศึกษาซึ่งพิจารณาจาก

1. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครู จากผลการใช้แบบสำรวจออนไลน์เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยผู้วิจัยเลือกกรณีศึกษาที่มีคะแนนเฉลี่ยความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในกลุ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากจัดเป็นกลุ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด

2. ความสนใจและเต็มใจที่จะเข้าร่วมงานวิจัย โดยผู้วิจัยแจ้งวัตถุประสงค์ของโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ การเก็บข้อมูล ให้กับครูที่มีคะแนนเฉลี่ยความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ทราบแล้วสอบถามความสนใจในการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ

3. การเข้าร่วมกระบวนการวิจัยตลอดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลวิจัย จากเกณฑ์ดังกล่าวพบว่า ได้กรณีศึกษาจำนวน 2 คน คือ ครูวิณา ครูอารีย์ ระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ ครูสมพลได้ย้ายสถานศึกษาทำให้ข้อมูลไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงไม่ได้นำเสนอกรณีศึกษานั้น ดังนั้นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้จึงมี 2 คน คือ ครูวิณาและครูอารีย์

4. เป็นครูในสถานศึกษาเดียวกัน เนื่องจากต้องทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดและสามารถยืดหยุ่นช่วงเวลาในการพัฒนาบทเรียนร่วมกันได้ แลงานวิจัยเน้นการพัฒนาวิชาชีพครูรูปแบบในสถานศึกษาเดียวกัน

ข้อมูลแสดงสถานภาพครูผู้ร่วมวิจัยดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 สถานภาพของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่เข้าร่วมวิจัย

ครู	เพศ	อายุ	ประสบการณ์สอน (ปี)	การศึกษา	ตำแหน่ง	ระดับชั้นที่สอน	วิชาที่สอน	จำนวนคาบสอนวิชาวิทยาศาสตร์	การเข้าร่วมอบรมเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี
วีณา	หญิง	41	10	ค.บ. (วิทยาศาสตร์)	ครู คศ.2	ม.1	- วิทยาศาสตร์พื้นฐาน - วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	20	ไม่เคย
อารีย์	หญิง	26	4	ค.บ. (ชีววิทยา)	ครู คศ.1	ม.2	- วิทยาศาสตร์พื้นฐาน	20	ไม่เคย
						ม.4-6	- ชีววิทยา		

ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 คนเป็นเพศหญิง ครูคนที่ 1 ครูวีณา (นามสมมติ) อายุ 41 ปี สำเร็จการศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป วิทยาศาสตร์พื้นฐานและรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 มีคาบสอนเฉลี่ย 20 คาบต่อสัปดาห์ นอกเหนือจากงานสอนวิชาวิทยาศาสตร์ยังมีงานสอนรายวิชาการป้องกันการทุจริต กิจกรรมชุมนุม กิจกรรมลูกเสือ-เนตรนารี และภาระงานอื่น ๆ เช่น ครูที่ปรึกษา หัวหน้างานสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน

คนที่ 2 ครูอารีย์ (นามสมมติ) อายุ 26 ปี สำเร็จการศึกษาวิชาเอกชีววิทยา ไม่มีวิทยฐานะ มีประสบการณ์สอน 4 ปี รับผิดชอบสอนรายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ม.2 มีคาบสอนเฉลี่ย 20 คาบต่อสัปดาห์ นอกเหนือจากงานสอนวิชาวิทยาศาสตร์ยังมีงานสอนรายวิชาการป้องกันการทุจริต กิจกรรมชุมนุม กิจกรรมลูกเสือ-เนตรนารี และภาระงานอื่น ๆ เช่น ครูที่ปรึกษา หัวหน้างานทะเบียน รวมทั้งครูผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 คน ยังไม่เคยเข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

โปรแกรมพัฒนาวิชาชีพเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

จากการศึกษาข้อมูลของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในระยะที่ 1 เกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ผู้วิจัยจึงได้จัดทำโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ตั้งวิสัยทัศน์และมาตรฐานของโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ โดยพิจารณาความรู้และความเชื่อของครูซึ่งเป็นปัจจัยนำเข้า (input) ได้แก่ ด้านผู้เรียนและการเรียนรู้ ด้านครูและการสอน ด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนรู้ของผู้ใหญ่และการพัฒนาวิชาชีพ และกระบวนการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ควรเปิดโอกาสให้ครูได้เรียนรู้แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ

2. วิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนและข้อมูลอื่นจากปัจจัยนำเข้าด้านบริบท ได้แก่

- 1) ผู้เรียนและความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผู้เรียนจากคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 68.94 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70 รวมทั้งวิเคราะห์ผู้เรียนในด้านคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบขั้นพื้นฐานระดับชาติ (O-Net) รายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 50
- 2) ครูและความต้องการในการเรียนรู้ของครู หลักสูตร การจัดการเรียนการสอน จากการวิเคราะห์ด้านครูผู้สอน พบว่า ครูมีคะแนนเฉลี่ยความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีอยู่ในระดับปานกลางซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด จึงควรรหาแนวทางในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

3. ตั้งเป้าหมายสำหรับการพัฒนาวิชาชีพ โดยพิจารณาปัจจัยนำเข้าในด้านประเด็นสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างศักยภาพเพื่อความยั่งยืน การจัดสรรเวลาสำหรับการพัฒนาวิชาชีพ การพัฒนาครูให้มีความเป็นผู้นำ ความเสมอภาคในการเรียนรู้ของครูและผู้เรียน การสร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้วิชาชีพ การสร้างความตระหนักในสำคัญของวิทยาศาสตร์ศึกษาและประสิทธิภาพของการพัฒนาวิชาชีพ และการขยายผล รวมทั้งพิจารณาจากเป้าหมายในการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งวิเคราะห์จากมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในหลักสูตรและเป้าหมายในการเรียนรู้ของครู ซึ่งวิเคราะห์จากสภาพการปฏิบัติการสอนและความต้องการของครูในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ดังนั้นเป้าหมายในการพัฒนาวิชาชีพครูคือการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อนำความรู้ไปสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนซึ่งจะส่งผลต่อผลการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนและการพัฒนาคุณภาพของโรงเรียน

4. วางแผนการพัฒนาโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ โดยพิจารณาความรู้ ความเชื่อของครู บริบท ภูมิหลังของครูและความต้องการในการพัฒนาวิชาชีพของครู รวมทั้งกลวิธีและระยะเวลาที่เหมาะสมในการพัฒนาวิชาชีพ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา (CK) 2) ความรู้ในวิธีสอน (PK) 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธี

สอน (PCK) 4) ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (TK) 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) รวมทั้งศึกษางานวิจัยเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่สอดคล้องกับบริบทที่ศึกษา โดยผู้วิจัยได้ใช้กลยุทธ์ในการเรียนรู้วิชาชีพ ได้แก่ 1) การประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop) เนื่องจากเป็นกลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพที่กระตุ้นการเรียนรู้ของครูผู้เข้าร่วมผ่านการลงมือปฏิบัติ รวมถึงครูผู้เข้าร่วมได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและร่วมมือกันในการวางแผนและตัดสินใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้ครูสามารถนำทฤษฎีมาใช้ในการปฏิบัติการสอนได้อย่างเป็นรูปธรรม (Guzey, & Roehring, 2009; Jamani, & Figg, 2015) 2) การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน (lesson study) เนื่องจากเป็นกลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนจากการร่วมกันออกแบบบทเรียนและปรับปรุงบทเรียนทำให้ครูเกิดการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามผลการเรียนรู้ที่ตั้งเป้าหมายไว้ (Stepanek et al., 2006)

ดังนั้นเมื่อวางแผนการออกแบบโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันสามารถทำให้ครูวิทยาศาสตร์เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในการปฏิบัติส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนและเกิดการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Kafyulilo, Fisser and Voogt, 2015) ในส่วนของการประชุมเชิงปฏิบัติการมีการประชาสัมพันธ์การเข้าร่วมกิจกรรมไปยังครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นทางเครือข่ายโรงเรียนโดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นวิทยากร ซึ่งมีครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนเครือข่ายเข้าร่วมจำนวน 3 คน และครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนแห่งนี้ 3 คน รวมมีครูผู้เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการจำนวน 6 คน กิจกรรมในการประชุมเชิงปฏิบัติการประกอบด้วย 7 กิจกรรม ได้แก่ 1) แลกเปลี่ยนประสบการณ์ 2) การวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ 3) เรียนรู้กรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี 4) วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 5) การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 6) การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และ 7) การสะท้อนความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน ซึ่งใช้เวลาในการประชุมเชิงปฏิบัติการจำนวน 3 วัน เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันมีครูที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน จำนวน 2 คน คือ ครูวิณาและครูอารีย์ โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ประกอบด้วย 1) การกำหนดเป้าหมาย 2) การออกแบบบทเรียน 3) การปฏิบัติการสอนและสังเกตการณ์ปฏิบัติการสอน 4) การสะท้อนบทเรียน 5) การปรับปรุงบทเรียน 6) การนำบทเรียนที่ปรับปรุงแล้วไปใช้สอนอีกครั้งหนึ่ง และ 7) การสะท้อนบทเรียน ซึ่งโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันมีรายละเอียดกิจกรรมดังตาราง 10

ตาราง 10 โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK						เครื่องมือที่ใช้	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง	
				CK	PK	PCK	TK	TCK	TPK			TPACK
การประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop)												
1	กิจกรรมที่ 1 แลกเปลี่ยนประสบการณ์ 1) ครูทุกท่านร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน 2) ครูทำแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี	23 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง เพื่อสำรวจประสบการณ์เดิมของครูในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี	✓	✓						- แบบบันทึกภาคสนาม - แบบวัดความรู้ในเนื้อหา	- ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นวิทยากร - ครูวิทยาศาสตร์
2	กิจกรรมที่ 2 การวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการบูรณาการเทคโนโลยีในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ 1) อธิบายหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (ฉบับ	2 ชั่วโมง	1. เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจในการวิเคราะห์	✓	✓						แบบบันทึกภาคสนาม	เชิงปฏิบัติการ

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
				CK PK PCK TK TCK TPK TPACK		
	ปรับปรุง พ.ศ.2560) โดยใช้คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นประกอบ 2) อธิบายการวิเคราะห์เนื้อหาและกระบวนการให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดของหลักสูตร		วิทยาศาสตร์ 2. เพื่อให้ครูสามารถเชื่อมโยงมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ผู้การออกแบบแผนจัดการเรียนเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี	✓ ✓		
	3) เชื่อมโยงตารางวิเคราะห์เนื้อหาและกระบวนการสู่องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้โดยเฉพาะในส่วนที่ระบุการบูรณาการเทคโนโลยี เช่น วัตถุประสงค์การเรียนรู้ การประเมินผล การเรียนรู้ โดยอธิบายจากตัวอย่าง					

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK	เครื่องมือที่ใช้	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
				CK PK PCK TK TCK TPK TPACK	ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	
	<p>แผนการจัดการเรียนรู้ในเอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ</p> <p>4) ครูทุกท่านวิเคราะห์เนื้อหาและกระบวนการให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดของหลักสูตร พร้อมทั้งออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามองค์ประกอบ</p> <p>5) ครูร่วมกันสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับการวิเคราะห์หลักสูตรผู้</p> <p>การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ในประเด็นของการเชื่อมโยงตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้สู่การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี</p>	2 ชั่วโมง	1. เพื่อให้ครูเข้าใจกรอบแนวคิด TPACK	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	แบบบันทึกภาคสนาม	- ผู้จัดทำ หน้าที่เป็นวิทยากร - ครู วิทยาศาสตร์
	<p>กิจกรรมที่ 3 TPACK Model</p> <p>1) ครูวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของครูทั้ง 6 คน จากคลังวิดีโอที่กำหนดและร่วมกันสะท้อนความคิดเห็นผ่านแอปพลิเคชัน Mural</p>		2. กระตุ้นให้			

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK							เครื่องมือที่ใช้			
				CK	PK	PCK	TK	TCK	TPK	TPACK	ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง		
	2) ครูสะท้อนความคิดเห็นถึงจุดเด่นและข้อจำกัดของการสอนของครูทั้ง 6 คน		ครูเห็นความสำคัญของ TPACK											
	3) อธิบายกรอบแนวคิดและชี้ให้เห็นความสำคัญของ TPACK													
4	กิจกรรมที่ 4 วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ครูปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้ กิจกรรมที่ 4.1 การเกิดปฏิกิริยาเคมี กิจกรรมที่ 4.2 กฎทรงมวล กิจกรรมที่ 4.3 ฝนกรด กิจกรรมที่ 4.4 การสะท้อนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ	5 ชั่วโมง	1. เพื่อให้ครูเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	แบบบันทึกภาคสนาม	6 คน เป็นผู้เชี่ยวชาญการประชุมเชิงปฏิบัติการ		

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK							เครื่องมือที่ใช้	
				CK	PK	PCK	TK	TCK	TPK	TPACK	ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
5	กิจกรรมที่ 5 การบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รวมทั้งทำความเข้าใจและทดลองใช้สื่อเทคโนโลยี ตามกิจกรรมดังต่อไปนี้ กิจกรรมที่ 5.1 เรียนรู้แนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากงานวิจัย กิจกรรมที่ 5.2 สื่อเทคโนโลยีในการ	10 ชั่วโมง	วิทยาศาสตร์ 3. เพื่อให้ครูเข้าใจวิธีการสืบเสาะหาความรู้ 1. เพื่อให้ครูเข้าใจเทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ 2. เพื่อให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	แบบบันทึกภาคสนาม วิทยากร - ครู วิทยาศาสตร์ 6 คน เป็นผู้เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ	- ผู้จัดทำหน้าที่เป็นวิทยากร - ครู วิทยาศาสตร์ 6 คน เป็นผู้เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK							เครื่องมือที่ใช้		
				CK	PK	PCK	TK	TCK	TPK	TPACK	ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง	
6	จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์		สืบเสาะโดยบูรณาการเทคโนโลยี										
	กิจกรรมที่ 5.3 การประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี	2 ชั่วโมง	เพื่อให้ครูสามารถออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการเทคโนโลยี	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	แบบบันทึกภาคสนาม	
7	กิจกรรมที่ 7 การสะท้อนความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน	1 ชั่วโมง	เพื่อให้ครูได้สะท้อนความคิดเห็นการเรียนรู้ออกมา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	แบบบันทึกภาคสนาม	- ผู้จัดทำหน้าที่เป็นวิทยากร
	ครูแต่ละคนร่วมกันสะท้อนความคิดเห็นจากการเรียนรู้การบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์		สะท้อนความคิดเห็นการเรียนรู้ออกมา										- ครูวิทยาศาสตร์

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK						เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
				CK	PK	PCK	TK	TCK	TPK		
			เทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์								6 คน เป็น ผู้เข้าร่วมการ ประชุมเชิง ปฏิบัติการ
1	การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน (lesson study) 1. ครูร่วมกันกำหนดเป้าหมายที่จำเพาะตามผลการเรียนรู้ของบทเรียนจากหลักสูตรสถานศึกษา	4 เดือน	กำหนดเป้าหมายของการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน	✓	✓						แบบบันทึก ภาคสนาม ความ สะดวก - ครู ผู้เข้าร่วม วิจัย 2 คน
2	2. ครูร่วมกันวางแผนการออกแบบบทเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จาก 4 ขั้นตอน ดังนี้ 2.1 ครูร่วมกันระบุหัวข้อหรือแนวคิดที่มีข้อมูลพื้นฐานที่แสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องปรับปรุงในการเรียนรู้จาก		- กำหนดหัวข้อเนื้อหา บทเรียนที่ต้องพัฒนาและ	✓	✓	✓	✓	✓	✓		แบบวิเคราะห์ แผนการ จัดการเรียนรู้

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK	เครื่องมือที่ใช้	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
				CK PK PCK TK TCK TPK TPACK	ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	
	ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน งานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน		ปรับปรุง - ให้ครูเห็นตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ ที่บูรณาการเทคโนโลยีในการสอน			
	2.2 ระบุเป้าหมายของบทเรียนและหน่วยการเรียนรู้		การสนทนา			
	2.3 ครูศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีในการสอน		วิทยาศาสตร์			
	2.4 ครูร่วมกันออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้		วิทยาศาสตร์ - ครูร่วมกันแลกเปลี่ยน ความคิดเพื่อออกแบบ บทเรียน			
3	3. ครู 1 คน จัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กลุ่มครูร่วมกันออกแบบ		ใช้บทเรียน	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	แบบบันทึก ภาคสนาม

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK					เครื่องมือที่ใช้	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง	
				CK	PK	PCK	TK	TCK			TPK
4	4. ครูที่เหลือนี้อีก 1 คน สังเกตการ จัดการเรียนการสอน โดยบันทึก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน และ ระหว่างนักเรียนกับสื่อเทคโนโลยี		บันทึกข้อมูล จากการนำ บทเรียนไปใช้ ปฏิบัติการ สอน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	- แบบสังเกต - ผู้วิจัยเป็นผู้ การปฏิบัติการ สอน - แบบบันทึก ภาคสนาม	ผู้อำนวยการ อำนวยการ - ครู ผู้เข้าร่วม วิจัย 2 คน
5	5. ครูร่วมกันสะท้อนและประเมิน ประสิทธิภาพของบทเรียนจากข้อมูล และหลักฐานที่ได้จากการสังเกตการ สอนและระบุสิ่งที่ควรปรับปรุง		สะท้อนผลการ ใช้บทเรียน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	- แบบสะท้อน การปฏิบัติการ สอน - แบบบันทึก ภาคสนาม	
6	6. ครูร่วมกันปรับปรุงบทเรียนในส่วน ของเนื้อหา ขั้นตอนการสอน กิจกรรม การเรียนรู้ ตามขั้นตอน ดังนี้ 6.1) รวบรวมข้อมูลและสรุปภาพรวม จากงานนักเรียน ภาพถ่ายจากกระดาน วิดีโอเทป แบบบันทึกจากการ		ปรับปรุง บทเรียน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	- แบบ วิเคราะห์ แผนการ จัดการเรียนรู้ - แบบบันทึก ภาคสนาม	

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
	สังเกตการณ์สอน แบบบันทึกการสะท้อนตนเอง			CK PK PCK TK TCK TPK TPACK		
	6.2) วิเคราะห์ข้อมูล โดยการตรวจสอบชิ้นงานและระบุหลักฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งระบุสิ่งที่ผู้เรียนยังต้องพัฒนาความเข้าใจเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย					
	6.3) ระบุสิ่งที่ต้องการเปลี่ยนแปลงกลุ่มครูเชื่อมโยงการเรียนรู้ของผู้เรียนกับการตัดสินใจในการจัดการเรียนการสอนในบทเรียน โดยกำหนดส่วนของบทเรียนมาสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนและส่วนที่ต้องปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยกลุ่มครูอาจจะทบทวนจากการบินที่แนวคิดในการวางแผนบทเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อทำการเปลี่ยนแปลง					
					แบบบันทึก ภาคสนาม	- ผู้วิจัยเป็น ผู้ช่วย ความ สะดวก - ครู ผู้เข้าร่วม วิจัย 2 คน

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	วัตถุประสงค์	องค์ประกอบของ TPACK							เครื่องมือที่ใช้	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง	
				CK	PK	PCK	TK	TCK	TPK	TPACK			
	6.4) ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้												
7	ครูอีกคนหนึ่งในทีมทำการสอน บทเรียนที่ปรับปรุงแล้วกับนักเรียนกลุ่ม ใหม่ ส่วนครูที่เหลือสังเกตการสอน		นำบทเรียนที่ ปรับปรุงแล้วไป ใช้ปฏิบัติการ สอน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	แบบสังเกต การปฏิบัติการ สอน	
8	ครูร่วมกันสะท้อนและประเมิน ประสิทธิภาพของบทเรียนและระบุสิ่งที่ ควรปรับปรุงอีกครั้ง จงกว่าบทเรียนนี้ จะบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด		สะท้อนและ ประเมิน ประสิทธิภาพ ของบทเรียน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	แบบสะท้อน การปฏิบัติการ สอน	

5. นำเสนอร่างโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต่อผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ในการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมและความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้วิชาชีพที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

6. นำโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปใช้กับครูผู้เข้าร่วมวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

7. ประเมินผลการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยพิจารณาจากเป้าหมายและผลที่คาดหวัง หลักฐานจากการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน เช่น พฤติกรรมของครูผู้เข้าร่วม การเรียนรู้ของครู ผลงานของครู การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนโดยใช้ความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของครูผู้เข้าร่วม รวมทั้งผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

8. การสะท้อนและปรับปรุง โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความเชื่อซึ่งสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์

เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของ Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006) ซึ่งความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี คือ ความรู้ความสามารถของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังต่อไปนี้

1. แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี
2. แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี
3. แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้
4. แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน
5. แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน
6. แบบบันทึกภาคสนาม

โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

แบบสัมภาษณ์การรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาสาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาสาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับครุวิทยาสาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาริชาชีพ การสร้างแบบสัมภาษณ์การรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาสาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาสาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนิยามองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

3. กำหนดนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิด TPACK ของ Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006) ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา (CK) 2) ความรู้ในวิธีสอน (PK) 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) 4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK)

4. ร่างแบบสัมภาษณ์โดยสร้างข้อคำถามตามกรอบแนวคิดของนิยามในแต่ละองค์ประกอบ โดยลักษณะของแบบสัมภาษณ์เป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง จำนวน 7 ข้อ เป็นข้อคำถามแบบปลายเปิด ซึ่งแบบสัมภาษณ์แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ ซึ่งประกอบด้วยแนวคำถามที่จะสัมภาษณ์ครุ เกี่ยวกับ เพศ อายุ วุฒิการศึกษา ประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ ขนาดของโรงเรียน จำนวนชั่วโมงที่สอน/สัปดาห์ และจำนวนรายวิชาที่ได้รับมอบหมายในการสอนวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ประกอบด้วย 7 ด้าน ด้านละ 1 ข้อคำถาม ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา (CK) 2) ความรู้ในวิธีสอน (PK) 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) 4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) รวมทั้งสิ้น 7 ข้อคำถาม แต่ละข้อคำถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด

5. นำเสนอร่างแบบสัมภาษณ์ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

6. นำแบบสัมภาษณ์ที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาริชาชีพครุวิทยาสาสตร์ ด้านความรู้ใน

เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี และด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพิจารณาความถูกต้องและความชัดเจนเกี่ยวกับนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ตลอดจนความเหมาะสมและครอบคลุมพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แล้วจึงนำผลการพิจารณาที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องต่อไป

7. นำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ความชัดเจนของคำชี้แจง ข้อคำถาม ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยทดลองใช้แบบสัมภาษณ์กับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 5 คน จากนั้นนำผลการทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่องต่อไป

จากการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนการนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้ มีรายละเอียดของข้อเสนอแนะซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์ สรุปเฉพาะสาระสำคัญ ดังตาราง 11

ตาราง 11 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์
ภาษาและการเรียบเรียงข้อคำถามควรปรับให้มีความชัดเจน ได้ใจความ เพื่อให้ผู้รับการสัมภาษณ์ตอบได้ตรงประเด็น	ปรับภาษาและเรียบเรียงข้อคำถามให้มีความชัดเจน สื่อความได้ตรงประเด็นกับวัตถุประสงค์ของการตอบข้อคำถาม

8. เมื่อผู้วิจัยปรับแก้แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้วจึงนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังภาคผนวก ข

2. แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี

แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีของครูวิทยาศาสตร์ โดยนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างที่ครูเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ลักษณะของแบบวัดเป็นแบบวัดแนวคิดชนิดถูก-ผิด พร้อมอธิบายเหตุผลเรื่องปฏิกิริยาเคมี ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องปฏิกิริยาเคมีมาใช้เป็นข้อคำถาม โดยการสร้างแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมี
 2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนในเรื่องปฏิบัติการเคมี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อความที่ระบุคำตอบของผู้เรียนในแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมี
 3. ร่างแบบวัดโดยการนำแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเรื่องปฏิบัติการเคมีมาสร้างเป็นข้อความของผู้เรียนเพื่อให้ครูผู้ร่วมวิจัยพิจารณาข้อความคำตอบของผู้เรียน จำนวน 10 ข้อ ประกอบด้วย 1) แนวคิดเรื่องการเกิดปฏิบัติการเคมีจำนวน 4 ข้อ 2) แนวคิดเรื่องกฎทรงมวลจำนวน 2 ข้อ 3) แนวคิด เรื่องการถ่ายโอนความร้อนในปฏิบัติการเคมี จำนวน 2 ข้อ และ 4) แนวคิดเรื่องปฏิบัติการเคมีในชีวิตประจำวันจำนวน 2 ข้อ
 5. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อรวมทั้งเกณฑ์การประเมินของแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมี
 6. นำเสนอร่างแบบวัดต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
 7. นำแบบวัดที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่
 - 1) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และ
 - 2) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา(เคมี) จำนวน 1 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความชัดเจนในแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่นำมาใช้เป็นคำตอบของผู้เรียน ตลอดจนความเหมาะสมและครอบคลุมองค์ประกอบของเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมีที่สำคัญที่แสดงออกถึงความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แล้วจึงนำผลการพิจารณาที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องต่อไป
 8. นำแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมีไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ความชัดเจนของคำชี้แจง ข้อคำถาม ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยทดลองใช้กับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 5 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จากนั้นนำผลการทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่องต่อไป
- จากการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมี โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิ มีรายละเอียดของข้อเสนอแนะซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความรู้ในเนื้อหา สรุปเฉพาะสาระสำคัญ ดังตาราง 12

ตาราง 12 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่อง ปฏิบัติการเคมี

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุงแก้ไขแบบวัด
ข้อความบางข้อความมีความกำกวม ทำให้สามารถเลือกตอบได้หลากหลาย อาจเป็นไปได้ หรือเป็นไปได้ ไม่ได้ ควรระบุข้อความที่สามารถตอบได้ในทางเดียว เพื่อที่จะได้วัดความรู้ในเนื้อหาได้ถูกต้อง ตรงประเด็น	ปรับข้อความที่มีความกำกวม ให้สามารถตอบได้ในทิศทางเดียวกัน

9. เมื่อผู้วิจัยปรับแก้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมีตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้วจึงนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นต่อไป ดังภาคผนวก ข

3. แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้

แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจากการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการปฏิบัติการสอนโดยใช้ร่วมกับแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน ผู้วิจัยแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ 2 ช่วง ได้แก่ ก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันและระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน การสร้างแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี และกำหนดนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

3. กำหนดรูปแบบของแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยพิจารณา หลักฐานบ่งชี้ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ภายใต้นิยามองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี พร้อมทั้งความคิดเห็น ข้อเสนอแนะหรือข้อเสนอนแนะ ซึ่งพิจารณาใน 7 ประเด็นตามกรอบแนวคิดในการวิจัย คือ

3.1 ด้านความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (CK) พิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3.2 ด้านความรู้ในวิธีสอน (PK) พิจารณาการระบุมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินผลการเรียนรู้

3.3 ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมในการใช้วิธีสอนกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์

3.4 ด้านความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (TK) พิจารณาสื่อเทคโนโลยีที่ใช้การจัดการเรียนรู้เทคโนโลยีที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้

3.5 ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมระหว่างสื่อเทคโนโลยีที่ใช้กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์

3.6 ด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมระหว่างวิธีสอนกับสื่อเทคโนโลยีที่

3.7 ด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาวิทยาศาสตร์ วิธีสอนและสื่อเทคโนโลยี

4. ร่างแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นตารางวิเคราะห์ประเด็นที่กำหนด แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำการตรวจสอบตามประเด็นที่กำหนด ได้แก่ สาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ หลักฐาน และการตีความ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ด้านการออกแบบการจัดการเรียนรู้ โดยวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดการวิจัยทั้ง 7 องค์ประกอบข้างต้น พร้อมทั้งระบุหลักฐานและการตีความ

5. นำเสนอร่างแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างประเด็นการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

6. นำแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ 2) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี และ 3) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพิจารณาความถูกต้องและความชัดเจนเกี่ยวกับประเด็นการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ นิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ตลอดจนความเหมาะสมและครอบคลุมพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แล้วจึงนำผลการพิจารณาที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องต่อไป

จากการพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนการนำแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดของข้อเสนอแนะซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ สรุปเฉพาะสาระสำคัญ ดังตาราง 13

ตาราง 13 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุงแก้ไขแบบวัด
ควรเพิ่มประเด็นหลักฐานแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อแสดงให้เห็นความสอดคล้องกับประเด็นการตีความ	เพิ่มประเด็นหลักฐานจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ ในตารางวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้

7. เมื่อผู้วิจัยปรับแก้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้วจึงนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นต่อไป ดังภาคผนวก ข

4. แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

แบบสังเกตการปฏิบัติการสอนมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการสอนที่แสดงออกถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในสถานการณ์จริงขณะที่ครูปฏิบัติการสอน ลักษณะของแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนเป็นตารางบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในขณะที่ครูปฏิบัติการสอน

การสร้างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนเพื่อบันทึกพฤติกรรมบ่งชี้ถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี และกำหนดนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

3. กำหนดรูปแบบของแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยพิจารณา หลักฐานที่ปรากฏในระหว่างการจัดการเรียนการสอน เช่น พฤติกรรมการสอนของครู

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ที่บ่งชี้ถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี 7 องค์ประกอบ พร้อมทั้งการตีความของผู้สังเกตการปฏิบัติการสอน

4. ร่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน มีลักษณะเป็นตารางโดยมีส่วนที่บันทึกเหตุการณ์ระหว่างการจัดการเรียนการสอน และส่วนที่เป็นการตีความซึ่งบ่งชี้ถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

5. นำเสนอร่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความตรงเชิงโครงสร้าง

6. นำแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนที่ได้รับการปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ 2) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี และ 3) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการตีความถึงพฤติกรรมของครูที่บ่งชี้ถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แล้วจึงนำผลการพิจารณาที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ต้องปรับปรุงต่อไป

จากการพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนการนำแบบวัดไปทดลองใช้ มีรายละเอียดของข้อเสนอแนะซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน สรุปเฉพาะสาระสำคัญ ดังตาราง 14

ตาราง 14 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุงแก้ไขแบบวัด
ควรเพิ่มประเด็นหลักฐานในแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน เพื่อแสดงให้เห็นความสอดคล้องกับประเด็นการตีความ	เพิ่มประเด็นหลักฐานจากการสังเกตการปฏิบัติการสอนในตารางบันทึกการสังเกตการปฏิบัติการสอน

7. นำแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นต่อไป ดังภาคผนวก ข

5. แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน มีวัตถุประสงค์เพื่อสะท้อนตนเองในฐานะผู้สอนหรือสะท้อนครูผู้สอนในฐานะผู้สังเกตการปฏิบัติการสอน ภายใต้อำนาจประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งใช้แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนในชั้นประเมินและสะท้อนบทเรียนของกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ลักษณะของแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนเป็นตารางที่ระบุประเด็นคำถามที่สะท้อนถึงองค์ประกอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน เพื่อบันทึกการสะท้อนความคิดของครูที่บ่งชี้ถึงความรู้ความสามารถเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีใน 7 องค์ประกอบ

2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดข้อความนำเข้าสู่ประเด็นการสะท้อนเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

3. กำหนดนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิด TPACK ของ Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006) ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา (CK) 2) ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน (PK) 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) 4) ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี (TK) 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK)

4. ร่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนโดยสร้างประเด็นการสะท้อนตามกรอบแนวคิดของนิยามในแต่ละองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยลักษณะของแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนเป็นตารางที่มีส่วนของประเด็นการสะท้อนการปฏิบัติการสอน 10 ประเด็น และส่วนผลการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครู

5. นำเสนอร่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างประเด็นในการสะท้อนตนเองของครูและนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

6. นำแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนที่ได้รับการปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ 2) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี และ 3) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความชัดเจนเกี่ยวกับประเด็นในการสะท้อนการปฏิบัติการ

สอนของครูเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แล้วจึงนำผลการพิจารณาที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องต่อไป

จากการพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนการนำแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนไปทดลองใช้ มีรายละเอียดของข้อเสนอแนะซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน ดังตาราง 15

ตาราง 15 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุงแก้ไขแบบวัด
ข้อคำถามมีความซ้ำซ้อนกันหลายองค์ประกอบ เช่น	ปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับนิยามใน
ความรู้ด้านเทคโนโลยี และความรู้ในเนื้อหาผนวก	องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธี
เทคโนโลยี ควรปรับให้สอดคล้องกับนิยาม	สอนและเทคโนโลยีให้ชัดเจนมากขึ้น

7. นำแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นต่อไป ดังภาคผนวก ข

6. แบบบันทึกภาคสนาม

แบบบันทึกภาคสนามมีวัตถุประสงค์เพื่อบันทึกพฤติกรรมของครูก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันและระหว่างการประชุมเชิงปฏิบัติและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเชิงลึกเพิ่มเติมจากการใช้เครื่องมือวิจัยประเภทอื่น ๆ การสร้างแบบบันทึกภาคสนาม ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบบันทึกภาคสนามเพื่อบันทึกพฤติกรรมบ่งชี้ถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี และกำหนดนิยามของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

3. กำหนดรูปแบบของแบบบันทึกภาคสนามที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยพิจารณาหลักฐานที่ปรากฏในระหว่างการประชุมเชิงปฏิบัติและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่บ่งชี้ถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี 7 องค์ประกอบ พร้อมทั้งการตีความของผู้สังเกตพฤติกรรมของครูในการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ

4. ร่างแบบบันทึกภาคสนาม โดยมีลักษณะเป็นตารางประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นการบันทึกข้อมูลผู้ถูกสังเกต สังเกตเหตุการณ์อะไร เหตุการณ์เกิดขึ้นที่ไหน เกิดขึ้นเมื่อใด ส่วนที่ 2 เป็นการบันทึกภาคสนามเชิงบรรยาย เป็นส่วนที่ผู้วิจัยบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยการบรรยายสิ่งที่พบอย่างละเอียด และส่วนที่ 3 เป็นการบันทึกภาคสนามเชิงสะท้อนความคิด เป็นส่วนที่ผู้วิจัยจะบันทึกความคิด ข้อสังเกต ข้อเสนอแนะ หรือการตีความหมายข้อมูลจากการสังเกต เหตุการณ์ต่าง ๆ

5. นำเสนอร่างแบบบันทึกภาคสนามต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการบันทึกภาคสนามและการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาแผนกวิธีสอนและเทคโนโลยี

6. นำแบบบันทึกภาคสนามที่ได้รับการปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ 2) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านความรู้ในเนื้อหาแผนกวิธีสอนและเทคโนโลยี และ 3) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการตีความถึงพฤติกรรมของครูที่บ่งชี้ถึงความรู้ในเนื้อหาแผนกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนการเข้าร่วมและระหว่างการประชุมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน แล้วจึงนำผลการพิจารณาที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ต้องปรับปรุงต่อไป

จากการพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบบันทึกภาคสนาม โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนการนำแบบบันทึกภาคสนามไปทดลองใช้ มีรายละเอียดของข้อเสนอแนะซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบบันทึกภาคสนาม ดังตาราง 16

ตาราง 16 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและการปรับปรุงแก้ไขแบบบันทึกภาคสนาม

ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุงแก้ไขแบบวัด
ควรเพิ่มประเด็นหลักฐาน เพื่อแสดงให้เห็นความสอดคล้องกับประเด็นการตีความ	เพิ่มประเด็นหลักฐานในแบบบันทึกภาคสนาม

7. นำแบบบันทึกภาคสนามไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นต่อไป ดังภาคผนวก ข

จากการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถสรุปเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีตามช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลได้ดังตาราง 17

ตาราง 17 สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล	ช่วงเวลาการใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูล			
	ก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน	ระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน		หลังการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน
		การประชุมเชิงปฏิบัติการ	การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน	
1. แบบสัมภาษณ์	✓	-	-	-
2. แบบวัดความรู้ในเนื้อหา	-	✓	-	✓
3. แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้	✓	-	✓	-
4. แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน	✓	-	✓	-
5. แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน	-	-	✓	-
6. แบบบันทึกภาคสนาม	✓	✓	✓	-

จากตาราง 17 จะเห็นได้ว่าเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลมีทั้งหมด 6 ประเภท โดยเครื่องมือแต่ละประเภทใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเวลาที่ต่างกัน ดังนี้ ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้วิจัยใช้เครื่องมือวิจัย 4 ประเภท ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน และแบบบันทึกภาคสนาม ระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้วิจัยใช้เครื่องมือวิจัย 5 ประเภท ได้แก่ แบบวัดความรู้ในเนื้อหา แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม หลังจากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือวิจัย 1 ประเภท ได้แก่ แบบวัดความรู้ในเนื้อหา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโดยโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ระยะที่ 2 ศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับครูผู้เข้าร่วมวิจัยในภาคเรียนเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 4 สัปดาห์ โดยดำเนินการดังนี้

สัปดาห์ที่ 1

ผู้วิจัยสัมภาษณ์ครูผู้เข้าร่วมวิจัย โดยใช้แบบสัมภาษณ์การรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยสัมภาษณ์ครูเป็นรายบุคคล คนละ 40 นาที ใช้เครื่องบันทึกเสียงขณะทำการสัมภาษณ์ ขณะทำการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้บันทึกประเด็นหลักของคำตอบและบันทึกพฤติกรรมของครูขณะทำการสัมภาษณ์ ก่อนทำการสัมภาษณ์ 1 วัน ผู้วิจัยได้ให้ประเด็นคำถามกับครูเพื่อให้ครูมีเวลาในการพิจารณาข้อคำถาม

สัปดาห์ที่ 2 - 4

1. ผู้วิจัยสังเกตการปฏิบัติการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของครูผู้เข้าร่วมวิจัย โดยใช้แบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม มีการบันทึกวิดีโอขณะที่ครูปฏิบัติการสอน ซึ่งทำการสังเกตการปฏิบัติการสอนครูผู้เข้าร่วม คนละ 2 ครั้ง ครั้งละ 50 นาที

2. วิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูส่งให้ในคาบที่มีการสังเกตการปฏิบัติการสอน โดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นครูผู้เข้าร่วมวิจัยส่งแผนการจัดการเรียนรู้คนละ 2 แผน

ดังนั้นในการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 1 จะใช้เครื่องมือวิจัย 3 ประเภท ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกภาคสนาม

การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเป็นระยะเวลา 5 เดือน โดยดำเนินการดังนี้

1. ในมิถุนายน พ.ศ. 2563 เป็นการประชุมเชิงปฏิบัติการ “การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” โดยผู้วิจัยเป็นวิทยากรตลอดการประชุมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการใช้เวลา 3 วัน ตั้งแต่วันที่ 24 – 26 มิถุนายน 2563 วันละ 8 ชั่วโมง โดยมีครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 6 คน เมื่อเข้าสู่การประชุมเชิงปฏิบัติการผู้วิจัยได้ทำการวัดความรู้ในเนื้อหาของครูผู้เข้าร่วมโดยใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยาเคมี เมื่อสิ้นสุดการประชุมเชิงปฏิบัติการได้ทำการประเมินความรู้ในเนื้อหาแผนกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูผู้เข้าร่วมวิจัยโดยใช้แบบสะท้อนตนเองเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาแผนกวิธีสอนและเทคโนโลยี

2. ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2563 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 เป็นการพัฒนาบทเรียนร่วมกันของครูผู้เข้าร่วมวิจัยในบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี แบ่งเป็น 4 เรื่อง ได้แก่ 1) การเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) กฎทรงมวล 3) การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และ 4) ปฏิกิริยาในชีวิตประจำวัน (ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ) โดยรูปแบบของกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันคือ ครูในกลุ่มคนที่ 1 จะสอนเนื้อหาทั้ง 4 เรื่องต่อเนื่องกัน เมื่อปฏิบัติการสอนแต่ละเรื่องเสร็จสิ้นครูในกลุ่มจะร่วมประเมินและสะท้อนบทเรียน จากนั้นจะร่วมกันปรับปรุงบทเรียนเพื่อให้ครูคนที่ 2 ในกลุ่มนำบทเรียนที่ปรับปรุงแล้วไปปฏิบัติการสอนกับนักเรียนกลุ่มใหม่ในเดือนต่อไปตามลำดับดังตาราง 18

ตาราง 18 รูปแบบของกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ใช้ในงานวิจัย

เนื้อหา	ครูวิณาปฏิบัติการสอน เดือน พ.ย. - ธ.ค. 2563	ครูอารีย์ปฏิบัติการสอน เดือน ม.ค. - ก.พ. 2564
1. การเกิดปฏิกิริยาเคมี	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ที่ปรับปรุงแล้ว
2. กฎทรงมวล	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ที่ปรับปรุงแล้ว
3. การถ่ายโอนความร้อนของ ปฏิกิริยาเคมี	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ที่ปรับปรุงแล้ว

เนื้อหา	ครูวีณาปฏิบัติการสอน เดือน พ.ย. - ธ.ค. 2563	ครูอารีย์ปฏิบัติการสอน เดือน ม.ค. - ก.พ. 2564
4. ปฏิบัติการเคมีในชีวิตประจำวัน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ที่ปรับปรุงแล้ว

โดยกระบวนการของการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ครูผู้เข้าร่วมวิจัยร่วมกันตั้งเป้าหมาย ระบุหัวข้อบทเรียน และออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิบัติการเคมี ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ในเวลาในช่วงหลังเลิกเรียน เวลา 16.00 น เป็นต้นไป ผู้วิจัยบันทึกการสนทนาของครูผู้เข้าร่วมวิจัย

2.2 ครู 1 คน นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ปฏิบัติการสอน ส่วนครูอีก 1 คน เป็นผู้สังเกตการปฏิบัติการสอนร่วมกับผู้วิจัย โดยใช้แบบสังเกตการปฏิบัติการสอนร่วมกับแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกภาคสนาม ในขณะที่ครูปฏิบัติการสอนได้บันทึกวิดีโอเป็นเวลา 2 คาบ เวลา 100 นาที โดยจะทำการสังเกตการปฏิบัติการสอนของครูคนละ 4 ครั้ง

2.2 เมื่อครูปฏิบัติการสอนเสร็จสิ้น ครูทั้ง 2 คน ร่วมกันสะท้อนและประเมินผลการใช้บทเรียน โดยใช้ผลจากการสังเกตการปฏิบัติการสอน ผลการทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนและผลการวิเคราะห์ใบกิจกรรมของผู้เรียน ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน โดยมีการบันทึกภาพและเสียงขณะที่ครูร่วมกันสะท้อนการปฏิบัติการสอน ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากครูพร้อมกันในขณะที่ร่วมกันสะท้อนและประเมินบทเรียนเป็นเวลา 50 นาที

2.3 ครูร่วมกันการปรับปรุงบทเรียน โดยครูคนที่ 2 เป็นผู้นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้สอนกับนักเรียนกลุ่มใหม่ ส่วนครูที่เหลืออีก 1 คน จะเป็นผู้สังเกตการปฏิบัติการสอนร่วมกับผู้วิจัย โดยใช้แบบสังเกตการปฏิบัติการสอนร่วมกับแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกภาคสนาม ในขณะที่ครูปฏิบัติการสอนได้บันทึกวิดีโอเป็นเวลา 2 คาบ เวลา 100 นาที โดยจะทำการสังเกตการปฏิบัติการสอนของครูคนที่ 2 จำนวน 4 ครั้ง

2.4 เมื่อครูปฏิบัติการสอนเสร็จสิ้น ครูร่วมกันสะท้อนและประเมินผลการใช้บทเรียน โดยใช้ผลจากการสังเกตการปฏิบัติการสอน ผลการทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนและผลการวิเคราะห์ใบกิจกรรมของผู้เรียน ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนในขั้นตอนการสะท้อนและประเมินบทเรียน โดยมีการบันทึกภาพและเสียงขณะที่ครูร่วมกันสะท้อนการปฏิบัติการสอน ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากครูพร้อมกันในขณะที่ร่วมกันสะท้อนและประเมินบทเรียนเป็นเวลา 50 นาที

ดังนั้นในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ และการพัฒนาบทเรียนร่วมกันจะใช้เครื่องมือวิจัย 5 ประเภท ได้แก่ แบบวัดความรู้ในเนื้อหา แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม หลังจากครูทั้ง 2 คนเสร็จสิ้นจากกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกริยาเคมีในการตรวจสอบความรู้ของครูผู้เข้าร่วมวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ใช้กรอบแนวคิดของ Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006) ซึ่งมี 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา 2) ความรู้ในวิธีสอน 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งกำหนดกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยจำแนกตามองค์ประกอบและการปฏิบัติที่สะท้อนถึงองค์ประกอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในแต่ละองค์ประกอบ ดังตาราง 19

ตาราง 19 กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจำแนกตามตามองค์ประกอบและการปฏิบัติที่สะท้อนถึงองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบ

นิยามองค์ประกอบ TPACK	การปฏิบัติของครูที่สะท้อนถึงองค์ประกอบ TPACK
1) ความรู้ในเนื้อหา หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา วิทยาศาสตร์	- ครูอธิบายเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ - ครูออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับ แนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ - ครูปฏิบัติการสอนโดยอธิบายเกี่ยวกับเนื้อหาที่สอนได้ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์
2) ความรู้ในวิธีสอน หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอน ที่ส่งเสริมเรียนรู้ของผู้เรียน	- ครูอธิบายวิธีสอนได้ถูกต้อง - ครูออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับวิธี สอน - ครูปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับวิธีสอน
3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนที่ มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์	- ครูอธิบายวิธีสอนที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา - ครูออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่มี ความจำเพาะกับเนื้อหา

นิยามองค์ประกอบ TPACK	การปฏิบัติของครูที่สะท้อนถึงองค์ประกอบ TPACK
	- ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้วิธีสอนที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา
4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน	- ครูอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างหลากหลาย - ครูออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลาย - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลาย
5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์	- ครูอธิบายเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา - ครูออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา
6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน	- ครูอธิบายเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน - ครูออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน
7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และเหมาะสมกับวิธีสอน	- ครูอธิบายเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาและมีความเหมาะสมกับวิธีสอน - ครูออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาและมีความเหมาะสมกับวิธีสอน - ครูปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาและมีความเหมาะสมกับวิธีสอน

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี แบบวัดความรู้ในเนื้อหา แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน และแบบบันทึกภาคสนาม ซึ่งผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน และแบบบันทึกภาคสนาม ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.1 การเตรียมข้อมูล (preparing)

การเตรียมข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ โดยจัดระเบียบข้อมูลจากการถอดเทปที่บันทึกเสียงการสัมภาษณ์ โดยการถอดเทปแบบคำต่อคำ (transcribe verbatim) และแสดงในรูปแบบบทสนทนาระหว่างผู้วิจัยและครูผู้เข้าร่วมวิจัย การเตรียมข้อมูลจากแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ โดยจัดระเบียบข้อมูลจากการนำแผนการจัดการเรียนรู้มาแสดงในส่วนองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และส่วนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การเตรียมข้อมูลจากแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน โดยจัดระเบียบข้อมูลจากการนำส่วนที่บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุก ๆ 5 นาที มาแสดงในรูปแบบพฤติกรรมของผู้กระทำกิจกรรมต่าง ๆ การเตรียมข้อมูลจากแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน โดยจัดระเบียบข้อมูลจากการนำข้อมูลที่ครูได้สะท้อนในแต่ละประเด็นมาจัดรูปแบบบทสนทนาระหว่างผู้วิจัยและครูผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน การเตรียมข้อมูลจากแบบบันทึกภาคสนาม โดยจัดระเบียบข้อมูลจากการนำส่วนที่บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนเข้าร่วมและระหว่างเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันมาแสดงในรูปแบบพฤติกรรมของครูผู้ร่วมวิจัยในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ จากนั้นจึงตรวจสอบความน่าเชื่อถือกับผู้ให้ข้อมูล (member checking) โดยส่งเนื้อความเอกสารไปยังครูผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อให้ยืนยันว่าตรงกับที่ครูผู้เข้าร่วมวิจัยให้ข้อมูล

1.2 การให้รหัสข้อมูล (coding) จากการจัดระเบียบเนื้อหาข้อมูลโดยลดทอนข้อมูลให้เหลือเฉพาะประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งครอบคลุมทั้ง 7 องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี จากนั้นนำข้อความมาใส่รหัสในรูปวลีสั้น ๆ ดังตัวอย่างการให้รหัสข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ดังตาราง 20

ตาราง 20 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลและการให้รหัสข้อมูล

ผู้พูด	คำพูด	รหัสข้อมูล
ผู้วิจัย	ท่านรู้จักเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนอะไรบ้าง	Tech1 โน้ตบุ๊ก
ครู	<u>โน้ตบุ๊ก</u> <u>โพรเจกเตอร์</u> <u>PowerPoint</u> <u>Word</u> <u>Excel</u>	Tech2 โพรเจกเตอร์
	<u>คลิบวิดีโอ</u> <u>โทรศัพท์มือถือ</u> <u>แอปพลิเคชัน</u>	Tech3 Microsoft Office
	<u>เว็บไซต์ต่าง ๆ</u> <u>แล้วก็การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อค้นหาข้อมูล</u>	Tech4 คลิบวิดีโอ
		Tech5 โทรศัพท์มือถือ
		Tech6 แอปพลิเคชัน
		Tech7 เว็บไซต์
		Tech8 อินเทอร์เน็ต

ผู้พูด	คำพูด	รหัสข้อมูล
ผู้วิจัย	ท่านใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอนอย่างไร	TTeach1 ใช้โปรแกรม
ครู	ส่วนใหญ่จะใช้ <u>PowerPoint</u> บรรยาย บางครั้งก็เปิด <u>คลิปวิดีโอ</u> จากยูทูปให้นักเรียนดู	PowerPoint TTeach2 ใช้คลิปวิดีโอ

ใช้รหัส Tech หมายถึง เทคโนโลยีที่ครูรู้จัก

ใช้รหัส TTeach หมายถึง เทคโนโลยีที่ครูใช้ในการสอน

1.3 จัดหมวดหมู่ข้อมูล (categorizing) เมื่อให้รหัสข้อมูลแก่ข้อมูลทั้งหมดแล้ว ทำการรวบรวมรายชื่อรหัสข้อมูลทั้งหมดไว้เป็นหมวดหมู่ จากนั้นทำการพิจารณาลดทอนรหัสข้อมูลให้มีจำนวนลดลง โดยพิจารณาจากความซ้ำซ้อนของรหัสข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้รับรหัสเรียบร้อยแล้วกลับมารวมกันใหม่ (reassembling data) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นกลุ่ม ๆ (clustering) ตามลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูล

1.4 หาประเด็นหลักของข้อมูล (themetizing) จากกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะร่วมกันหรือมีความสัมพันธ์กันโดยอธิบายจากหลักฐาน ดังตาราง 21

ตาราง 21 ตัวอย่างการจัดหมวดหมู่ข้อมูลและหาประเด็นหลัก

รหัสข้อมูล	จัดหมวดหมู่ข้อมูล	ประเด็นหลัก
Tech1 โน้ตบุ๊ก	1. ครูรู้จักเทคโนโลยีแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ โน้ตบุ๊ก โปรแกรมเตอร์ โทรศัพท์มือถือ ซอฟต์แวร์ ได้แก่ Microsoft Office คลิป วิดีโอ และระบบออนไลน์	ครูรู้จักเทคโนโลยีที่หลากหลายแต่ในการปฏิบัติการสอนใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอ
Tech2 โปรแกรมเตอร์		
Tech3 Microsoft Office		
Tech4 คลิปวิดีโอ		
Tech5 โทรศัพท์มือถือ		
Tech6 แอปพลิเคชัน		
Tech7 เว็บไซต์		
Tech8 อินเทอร์เน็ต		
TTeach1 ใช้โปรแกรม PowerPoint	2. ครูใช้เพียงเทคโนโลยีประเภท ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ พื้นฐานในการปฏิบัติการสอน	
TTeach2 ใช้คลิปวิดีโอ		

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเพื่อวิเคราะห์ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิบัติการเคมี ซึ่งผู้วิจัยสร้างเกณฑ์ในการแบ่งคำตอบของครู โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ตามกรอบแนวคิดของ Renner, J. W., Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., & Marek, E. A. (1990) ดังนี้

Sound Understanding (SU)	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์
Partial Understanding (PU)	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน
Partial Understanding with Specific Misunderstanding (PU&SM)	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน
Specific Misunderstanding (SM)	คลาดเคลื่อนกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
No Understanding (NU)	ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากคำตอบของครูว่าจัดอยู่ในกลุ่มแนวคิดประเภทใด

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกรณีศึกษาซึ่งจัดเป็นแบบพหุกรณีศึกษา (multiple case study) ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ภายในกรณี (within-case analysis) โดยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือทั้ง 5 ประเภท ได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์การรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี 2) แบบวัดความรู้ในเนื้อหา 3) แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ 4) แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน 5) แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน และ 6) แบบบันทึกภาคสนามมาทำการเปรียบเทียบการปฏิบัติของครูที่บ่งชี้ถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีทั้ง 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา (CK) 2) ความรู้ในวิธีสอน (PK) 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (PCK) 4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) เพื่อสร้างข้อสรุปเชิงอุปนัยเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นรายกรณีก่อนการเข้าร่วมและระหว่างการประชุมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ระหว่างกรณี (cross-case analysis) โดยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือทั้ง 6 ประเภทมาวิเคราะห์ความสอดคล้องและความแตกต่างเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นทั้ง 2 คน ก่อนการเข้าร่วมและระหว่างการประชุมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

ตาราง 22 คำถาวรวิจัย เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ช่วงเวลาที่ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีวิเคราะห์ข้อมูล

คำถาวรวิจัย	ช่วงเวลาการใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูล					วิธีวิเคราะห์ข้อมูล
	เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล		ระหว่างการใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูล			
	ก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกัน	ระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกัน	หลังการเข้าร่วมโปรแกรมการประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกัน	การประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกัน	การประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกัน	
1. ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกันอย่างไร	✓	✓	✓	✓	✓	การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา
2. ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างโปรแกรมการประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกันอย่างไร						การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา
3. ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างโปรแกรมการประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกันอย่างไร						การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา
4. ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างโปรแกรมการประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกันอย่างไร						การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา
5. ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างโปรแกรมการประเมินเชิงปฏิบัติและการพัฒนาที่เรียนร่วมกันอย่างไร						การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

การตรวจสอบความเชื่อถือได้

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อแสดงให้เห็นว่าผลการวิจัยสะท้อนความจริงเกี่ยวกับการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์จากการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันในบริบทโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาอย่างแท้จริง ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการต่าง ๆ ในการสร้างความน่าเชื่อถือในงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Creswell, J. W., 2003) ดังนี้

1. การตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (Method Triangulation) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากครุวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ การสัมภาษณ์ การวัดความรู้ในเนื้อหา การสังเกตการปฏิบัติการสอน การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ การบันทึกภาคสนาม

2. การตรวจสอบกับผู้ให้ข้อมูล (Member Checking) ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น บันทึกการสัมภาษณ์ บันทึกการสังเกต บันทึกการสะท้อนการปฏิบัติการสอน ซึ่งยังไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลกลับไปให้ครูผู้เข้าร่วมวิจัยตรวจสอบว่าข้อมูลดังกล่าวตรงกับข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น

3. การอธิบายอย่างเข้มข้น (thick description) ผู้วิจัยบันทึกข้อมูลโดยใช้แบบบันทึกภาคสนามเพื่ออธิบายภาพบริบทและการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์อย่างละเอียด ตั้งแต่ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันและระหว่างเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงมุมมองและการปฏิบัติการสอนของครูอย่างชัดเจนจึงส่งผลกระทบต่อถ่ายโอนผลการวิจัย (transferability) ในบริบทโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา

4. การฝังตัวในบริบทอย่างยาวนาน (Prolonged engagement) ผู้วิจัยทำการฝังตัวในบริบทของการวิจัยเป็นระยะเวลา 6 เดือน เริ่มจากการศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน จากการสัมภาษณ์ การสังเกตการปฏิบัติการสอน ตลอดจนผู้วิจัยเป็นวิทยากรในการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการและเป็นผู้อำนวยความสะดวกในกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันของครูผู้เข้าร่วมวิจัย ส่งผลให้ครูผู้ร่วมวิจัยเกิดความไว้วางใจในการให้ข้อมูล

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังแสดงความสามารถในการยืนยันข้อมูล (Conformability) ของงานวิจัยเพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากการวิจัยเป็นผลมาจากกระบวนการวิจัยที่ได้ออกแบบและดำเนินการตามระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ไม่ได้เกิดจากจินตนาการ อคติ หรือความลำเอียงของผู้วิจัย โดยการแสดงให้เห็นร่องรอยหลักฐานของการวิเคราะห์หรือจัดกระทำข้อมูล รวมทั้งตัวผู้วิจัยเข้าไปมีส่วนร่วมและฝังตัวในบริบทที่ทำการวิจัยเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ มีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน 2) เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

การรายงานผลการวิจัยนำเสนอเป็นรายกรณีศึกษา (with in case analysis) โดยในแต่ละกรณีศึกษาแบ่งการรายงานเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน และตอนที่ 2 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน จากนั้นเป็นการรายงานผลการวิเคราะห์ข้ามกรณี (cross-case analysis) โดยจำแนกตามองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยเป็นรายกรณีศึกษา ดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 ครูวิณา

ครูวิณาอายุ 41 ปี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาศึกษาศาสตร์ทั่วไป มีประสบการณ์การสอน 10 ปี วิทยฐานะชำนาญการ รับผิดชอบการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ค่อนข้างจำกัด ประสบการณ์สอนที่ผ่านมาส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีในรูปแบบโปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูวิณามีมุมมองเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์ในด้านการช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาต่าง ๆ ซึ่งช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน และครูวิณายังไม่เคยเข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ผู้วิจัยขอนำเสนอความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันและระหว่างเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน โดยนำเสนอตามองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ดังนี้

ตอนที่ 1 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

จากการศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิชาโดยการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการปฏิบัติการสอน และการบันทึกภาคสนาม ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 เป็นระยะเวลา 1 เดือน ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. ครูมีความรู้ในเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและเมฆที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แฝงอยู่

จากการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการปฏิบัติการสอน และการบันทึกข้อมูลภาคสนาม พบว่า ครูวิชามีความรู้ในเนื้อหาที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แฝงอยู่ ได้แก่ แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากการสัมภาษณ์ครูวิชาอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ประกอบกับจากการสังเกตการปฏิบัติการสอนและการบันทึกภาคสนาม ครูวิชาใช้การสอนแบบบรรยายโดยบรรยายเนื้อหาตามการนำเสนอผ่านโปรแกรม PowerPoint ถึงแม้ว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ครูวิชาจะระบุสาระสำคัญได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ซึ่งมียละเอียดดังนี้

จากการสัมภาษณ์ก่อนที่ครูจะเริ่มปฏิบัติการสอน ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยให้ครูเลือกเนื้อหาวิทยาศาสตร์มา 1 เรื่อง แล้วอธิบายแนวคิดสำคัญ ผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ พบว่า ครูวิชาอธิบายแนวคิดเรื่องชั้นบรรยากาศในลักษณะของความรู้ความจำและสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังตัวอย่าง

...บรรยากาศแบ่งเป็น 5 ชั้น แบ่งโดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงตามความสูง ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ สตราโทสเฟียร์ มีโซสเฟียร์ เทอร์โมสเฟียร์ แล้วก็ชั้นเอกโซสเฟียร์

(ครูวิชา, ผู้ให้สัมภาษณ์, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่าครูวิชาอธิบายแนวคิดเรื่องชั้นบรรยากาศสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน ได้แก่ การแบ่งชั้นบรรยากาศเป็น 5 ชั้น แต่ครูระบุเกณฑ์การแบ่งชั้นบรรยากาศตามความสูง ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูง นอกจากนี้ครูยังระบุเพียงเกณฑ์การแบ่งชั้นบรรยากาศและชื่อของ

ชั้นบรรยากาศ แต่ไม่ได้อธิบายถึงลักษณะสำคัญและประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้น ซึ่งแนวคิดสำคัญเรื่องบรรยากาศนอกจากจะระบุเกณฑ์ในการแบ่งชั้นบรรยากาศและชื่อของชั้นบรรยากาศแล้ว ยังต้องสามารถอธิบายลักษณะสำคัญของชั้นบรรยากาศแต่ละชั้นได้ ตัวอย่างเช่น บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์มีปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูวิชาจึงสะท้อนให้เห็นว่าครูวิชามีแนวคิดเรื่องชั้นบรรยากาศไม่สมบูรณ์

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องบรรยากาศ โดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวิชาระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ จะเห็นได้จากการระบุเกณฑ์การแบ่งชั้นบรรยากาศและชื่อชั้นบรรยากาศและยังกล่าวถึงประเด็นที่เกี่ยวกับประโยชน์ของชั้นบรรยากาศแต่ละชั้น ตัวอย่างเช่น

...บรรยากาศของโลกแบ่งเป็น 5 ชั้น โดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูงแบ่งบรรยากาศเป็น 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ และชั้นเอกโซสเฟียร์ ซึ่งบรรยากาศแต่ละชั้นมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตแตกต่างกัน

(ครูวิชา, แผนการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

เมื่อสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องชั้นบรรยากาศโดยใช้แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ส่วนใหญ่ครูวิชาสอนโดยการอ่านตามข้อความที่ปรากฏในโปรแกรม PowerPoint ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ตัวอย่างเช่น

...จากภาพนักเรียนจะเห็นว่าบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์อุณหภูมิจะลดลงตามความสูงและจะเกิดพายุ ชั้นสตราโทสเฟียร์เป็นชั้นที่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นตามความสูงจากผิวโลกและจะมีโอโซนอยู่มากรวมทั้งดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ไว้ได้ด้วย

(ครูวิชา, แบบสังเกตปฏิบัติการสอน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพฤติกรรมการสอนของครูวิชาระหว่างปฏิบัติการสอน พบว่า ส่วนใหญ่ครูวิชาจะสอนเนื้อหาเรื่องบรรยากาศโดยการนำเสนอด้วยโปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของการอ่านตามข้อความที่ปรากฏโดยที่ไม่มีมีการอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศดังตัวอย่างการบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

...การสอนเรื่องชั้นบรรยากาศของครูวิณา ในชั้นสอน ครูวินานำเสนอสาระสำคัญในรูปแบบข้อความประกอบกับภาพชั้นบรรยากาศจากโปรแกรม PowerPoint พร้อมทั้งบรรยายลักษณะชั้นบรรยากาศแต่ละชั้น ซึ่งขณะบรรยายครูวิณาจะอ่านตามข้อความในสไลด์และให้นักเรียนจดสาระสำคัญจากสไลด์ลงในใบกิจกรรม

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างการบันทึกภาคสนามข้างต้นทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าครูวินามีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากพฤติกรรมการสอนโดยการอ่านตามข้อความที่ปรากฏจากโปรแกรม PowerPoint ไม่สามารถสะท้อนถึงความรู้ในเนื้อหาได้สมบูรณ์นัก ประกอบกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ที่บ่งชี้ให้เห็นว่าครูวินามีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์บางส่วน ถึงแม้ว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ครูวิณาจะระบุสาระสำคัญได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังนั้นในการปฏิบัติการสอนเรื่องชั้นบรรยากาศของครูวินาจึงมีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องบรรยากาศ

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องเมฆ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวินาระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น

...เมื่อน้ำได้รับอุณหภูมิสูงหรือได้รับความร้อน น้ำจะระเหยกลายเป็นไอน้ำขึ้นไปในอากาศ จนถึงระดับที่อากาศมีอุณหภูมิต่ำ เสมือนอากาศอิมตัวด้วยไอน้ำ จะเกิดการควบแน่นเป็นละอองน้ำรวมตัวกันเรียกว่า เมฆ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณเมฆ ได้แก่ ความชื้นอากาศ และความกดอากาศ การวัดปริมาณเมฆ สามารถวัดได้โดยการสังเกตสัดส่วนปริมาณเมฆต่อพื้นที่ท้องฟ้า 10 ส่วน

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

เมื่อสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องเมฆ โดยใช้แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวินามักจะสอนโดยการอ่านตามข้อความจากโปรแกรม PowerPoint ดังตัวอย่าง

...จากที่เราได้ดูวิดีโอที่ค้น ก็พบว่า เมฆแบ่งตามรูปร่างได้เป็น 3 ประเภทนะคะ คือ 1) ซีร์รัส จะมีลักษณะเป็นริ้ว ๆ คล้ายขนสัตว์ 2) คิวมูลัส ลักษณะจะเป็นก้อน ๆ 3) สเตรตัส ลักษณะจะคล้ายแผ่นหรือชั้น

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

อย่างไรก็ตามเมื่อผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการสอนของครูวิชา พบว่า ส่วนใหญ่ครูวิชามักจะอ่านตามข้อความที่ปรากฏจากโปรแกรม PowerPoint ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

...การสอนเรื่องเมฆและฝนของครูวิชา ในชั้นสรุป ครูวิชาสรุปสาระสำคัญในลักษณะของบรรยายเนื้อหาการเกิดเมฆและฝน ลักษณะของเมฆแต่ละชนิดตามข้อความที่ประกอบกับรูปภาพในสไลด์ ส่วนใหญ่จะอ่านตามสไลด์ และให้นักเรียนจดชื่อของเมฆลงในใบกิจกรรม

(ครูวิชา, แบบบันทึกภาคสนาม, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ครูวิชาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสาเหตุของการปฏิบัติการสอนโดยการอ่านตามข้อความที่แสดงเนื้อหาเรื่องบรรยากาศ พบว่า ส่วนใหญ่ครูวิชามักจะไม่ได้เตรียมการสอนมาก่อน ในการปฏิบัติการสอนจึงต้องยึดการนำเสนอเนื้อหาจากโปรแกรม PowerPoint ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...คือส่วนใหญ่ที่ไม่ค่อยได้เตรียมสอนมาเลย กว่าที่จะทำงานบุคคลเสร็จก็หมดแรงแล้ว แต่ก็อาศัยว่า PowerPoint ที่เอามามีเนื้อหาชัดเจน เวลาสอนก็ดูตามได้แล้วไม่ผิดพี่เลยใช้วิธีอ่านจาก PowerPoint เอา

(ครูวิชา, ผู้ให้สัมภาษณ์, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าครูวิชาจะสามารถระบุสาระสำคัญแผนการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ รวมทั้งจากการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูมักจะสอนโดยการอ่านตามข้อความที่ปรากฏในโปรแกรม PowerPoint แต่จากการสัมภาษณ์ พบว่า ครูวิชาอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์บางส่วนและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน จึงสะท้อนให้เห็นว่า ครูวิชามีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นครูวิชาจึงมีความรู้ในเนื้อหาที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

2. ครูมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

จากการสัมภาษณ์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งให้ครูบอกวิธีสอนที่รู้จักและเลือกวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างน้อย 1 วิธีพร้อมทั้งอธิบายวิธีสอนโดยสังเขป พบว่า ครูวิชา รู้จักวิธีสอนที่หลากหลาย ได้แก่ วิธีสอนแบบบรรยาย วิธีสอนแบบทดลอง วิธีสอนแบบ

โครงการ การใช้เทคนิคแบบร่วมมือ และการใช้รูปแบบ 5E ซึ่งครูวิณาได้เลือกอธิบายการใช้รูปแบบ วงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) พบว่า ครูวิณามีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับขั้นตอนการสอน ดังตัวอย่างจากการสัมภาษณ์

...การสอนแบบ 5E ก็เหมาะกับครูวิทย์ ก็จะมี 5 ขั้นตอน คือ E1 ขั้นสร้างความสนใจ ก็จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียนจากการเปิดคลิปวิดีโอหรือรูปภาพ E2 ขั้นสำรวจ และค้นหา ก็จะให้นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลหรือทำการทดลอง E3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนจะนำสิ่งที่ได้สืบค้นมาอภิปรายร่วมกัน E4 ขั้นขยายความรู้ ครูก็จะบรรยายความรู้เพิ่มเติมในเนื้อหาที่เรียนแก่นักเรียน E5 ขั้นประเมิน ก็จะทำการประเมินความรู้ เช่น สอบท้ายคาบค่ะ

(ครูวิณา, ผู้ให้สัมภาษณ์, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าครูวิณามีการรับรู้ได้ในขั้นอธิบายนักเรียนจะนำสิ่งที่สืบค้นมาอภิปรายร่วมกันซึ่งควรเป็นขั้นตอนที่นักเรียนสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง ในขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้เรียน ซึ่งควรจะเป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ขั้นประเมิน ครูประเมินความรู้นักเรียนด้วยแบบทดสอบ ซึ่งในขั้นนี้ครูอาจใช้การสังเกตหรือพิจารณาหลักฐานที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนรวมทั้งผู้เรียนยังสามารถประเมินตนเองได้ จากหลักฐานดังกล่าวจึงสะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คลาดเคลื่อน ดังนั้นครูวิณาจึงมีความรู้ในวิธีสอนที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

3. ครูขาดการวิเคราะห์หลักสูตรและไม่ได้ตระหนักถึงเนื้อหาในการเลือกวิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 เรื่อง ชั้นบรรยากาศ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวิณาเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัด ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังตัวอย่างการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไปนี้

...ตัวชี้วัด ว 3.2 ม.1/1 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการแบ่งชั้นบรรยากาศ และเปรียบเทียบประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้น

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) อธิบายความหมายและองค์ประกอบของบรรยากาศได้ (K)
- 2) อธิบายความสำคัญของบรรยากาศที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ (K)
- 3) ทำงานเป็นกระบวนการกลุ่มได้ (P)
- 4) มีจิตวิทยาศาสตร์ (A)

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้จะเห็นว่าตัวชี้วัดเน้นการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการแบ่งชั้นบรรยากาศ แต่เมื่อพิจารณาจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่า ไม่มีภาระบุพัตติกรรมบ่งชี้เกี่ยวกับสร้างแบบจำลอง สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณาขาดการวิเคราะห์หลักสูตรในการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ซึ่งจะส่งผลต่อการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องชั้นบรรยากาศในด้านกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ครูวิณาใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ 1) ชี้นำ ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน 2) ชี้นสอน ครูบรรยายเนื้อหาเรื่องบรรยากาศ และ 3) ชี้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญให้แก่ผู้เรียน ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ชี้นำ ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน โดยใช้คำถาม นักเรียนคิดว่าบรรยากาศมีลักษณะอย่างไร และ นักเรียนคิดว่าบรรยากาศมีประโยชน์หรือไม่

ชี้นสอน ครูบรรยายความรู้เรื่องบรรยากาศ เกี่ยวกับองค์ประกอบของบรรยากาศและชั้นบรรยากาศโดยใช้แผนภาพชั้นบรรยากาศจากโปรแกรม PowerPoint

ชี้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญเรื่องบรรยากาศและให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

ประกอบกับเมื่อวิเคราะห์แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณาใช้วิธีสอนแบบบรรยายในเนื้อหาเรื่องชั้นบรรยากาศ โดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างคำบรรยายในการปฏิบัติการสอน

...ที่นี้เราจะมาคุยกันว่าบรรยากาศแบ่งเป็นกี่ชั้นนะคะ บรรยากาศก็จะแบ่งเป็น 5 ชั้น โดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูง จากภาพนักเรียนจะเห็นว่าบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์อุณหภูมิจะลดลงตามความสูงและจะเกิดพายุ ให้นักเรียนจดลงใบกิจกรรมได้เลยนะคะ ต่อมาชั้นสตราโทสเฟียร์ก็จะมีไอโซนอยู่มากรวมทั้งดูคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ได้ด้วย

(ครูวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูวีณาออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายซึ่งไม่สะท้อนถึงตัวชีวิตเรื่องบรรยากาศตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งระบุไว้ว่า “สร้างแบบจำลองที่อธิบายการแบ่งชั้นบรรยากาศและเปรียบเทียบประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้น” สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณาขาดการวิเคราะห์หลักสูตรในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองชั้นบรรยากาศโดยมีการแบ่งชั้นตามเกณฑ์ของตนเองและนำเสนอ จากนั้นจึงให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการแบ่งชั้นบรรยากาศตามเกณฑ์ของนักวิทยาศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้และนำมาอภิปรายในกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบการแบ่งชั้นบรรยากาศตามเกณฑ์ของนักวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างซึ่งให้ครูอธิบายเกี่ยวกับการเลือกใช้วิธีสอนในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ พบว่า ครูขาดความตระหนักเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการใช้วิธีสอน แต่จะคำนึงถึงวิธีสอนเป็นอันดับแรก ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...การสอนแบบบรรยาย การสอนแบบกลุ่มและการสอนแบบ 5E ก็จะใช้สอนได้ทุกเนื้อหา ส่วนการสอนแบบทดลอง ก็จะใช้สอนเนื้อหาที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพจริงค่ะ

(ครูวีณา, ผู้ให้สัมภาษณ์, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าครูวีณาเข้าใจว่าวิธีสอนแบบบรรยายสามารถสอนได้ทุกเนื้อหา แสดงให้เห็นว่าครูวีณาไม่ได้ตระหนักถึงเนื้อหาที่สอน รวมทั้งความยากหรืออุปสรรคที่ผู้เรียนต้องพบในเนื้อหา เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรม มีความซับซ้อน ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ครูจึงต้องหาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมและสร้างคำอธิบายได้ด้วยตนเอง เช่น

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อให้ผู้เรียนใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่อง เมฆ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวิชาเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัด ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังตัวอย่างการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไปนี้

...ตัวชี้วัด ว 3.2 ม.1/2 อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของลมฟ้า อากาศจากข้อมูลที่รวบรวมได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) อธิบายการจำแนกชนิดของเมฆได้ (K)
- 2) อธิบายลักษณะของเมฆแต่ละชนิดได้ (K)
- 3) มีจิตวิทยาศาสตร์ (A)

(ครูวิชา, แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเมฆ, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้จะเห็นว่าตัวชี้วัดเน้นการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของลม ฟ้า อากาศจากข้อมูลที่รวบรวมได้ แต่เมื่อพิจารณาจุดประสงค์การเรียนรู้พบว่า ไม่มีการระบุพฤติกรรมบ่งชี้เกี่ยวกับการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของลม ฟ้า อากาศ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชาขาดการวิเคราะห์หลักสูตรในการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกรอบกิจกรรมการเรียนรู้

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเมฆในด้านกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ครูวิชาใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ 1) ชี้นำ ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน 2) ชี้นสอน ครูบรรยายเนื้อหาเรื่องบรรยากาศ และ 3) ชี้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญให้แก่ผู้เรียน ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ชั้นนำ ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน โดยใช้คำถาม นักเรียนลองสังเกตเมฆบนท้องฟ้าสีคะ ว่าเป็นอย่างไร เมฆบนท้องฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไรคะ เมฆบนท้องฟ้ามีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรคะ

ขั้นสอน ครูเปิดวิดีโอทัศน์ให้นักเรียนศึกษาเรื่องการเกิดเมฆและฝนและชนิดของเมฆและอธิบายประเด็นสำคัญเรื่องการเกิดเมฆและฝน รวมทั้งชนิดของเมฆโดยใช้แผนภาพจากโปรแกรม PowerPoint

ขั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญเรื่องเมฆและให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

(ครูวีณา, แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเมฆและฝน, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

ประกอบกับเมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวีณาใช้วิธีสอนแบบบรรยายเนื้อหาเรื่องเมฆ โดยใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอเป็นสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างคำบรรยายในการปฏิบัติการสอน

...จากที่เราได้ดูคลิปวิดีโอ ก็จะพบว่า เมฆแบ่งตามรูปร่างได้เป็น 3 ประเภทคะ คือ 1) ซีร์รัส จะมีลักษณะเป็นริ้ว ๆ คล้ายขนสัตว์ 2) คิวมูลัส ลักษณะจะเป็นก้อน ๆ 3) สเตรตัส ลักษณะจะคล้ายแผ่นหรือชั้นคะ

(ครูวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ครูวีณา ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายซึ่งไม่สะท้อนถึงตัวชี้วัดเรื่องเมฆ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งระบุไว้ว่า “อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของลมฟ้าอากาศจากข้อมูลที่รวบรวมได้” สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณาขาดการวิเคราะห์หลักสูตรในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสังเกตและวาดภาพเมฆที่พบตามเกณฑ์ของตนเอง จากนั้นจึงให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการจำแนกเมฆตามเกณฑ์มาตรฐานของนักวิทยาศาสตร์ แล้วจึงนำมาอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าเมฆมีหลายรูปร่างลักษณะ ในแต่ละช่วงเวลาของวัน ปริมาณเมฆและลักษณะเมฆที่แตกต่างกันไป

ดังนั้นจากการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการปฏิบัติการสอน แสดงให้เห็นว่าครูวีณาออกแบบการจัดการเรียนรู้และปฏิบัติการสอนไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัดในหลักสูตร เนื่องจากขาดการวิเคราะห์ตัวชี้วัดรวมทั้งใช้วิธีสอนโดยไม่ได้ตระหนักถึงเนื้อหาที่สอน

สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

4. ครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่จำกัดส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยให้ครูระบุเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่รู้จัก พบว่า ครูวีณา รู้จักเพียงแค่ 2 ประเภท คือ 1) ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ 2) ซอฟต์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม Microsoft PowerPoint คลิปวิดีโอ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...เทคโนโลยีที่ใช้สอนที่รู้จัก คือ โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ PowerPoint คลิปวิดีโอจากยูทูบ

(ครูวีณา, ผู้ให้สัมภาษณ์, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์ข้างต้นจะเห็นได้ว่าครูวีณา รู้จักเพียงเทคโนโลยีพื้นฐานที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งยังมีเทคโนโลยีประเภทอื่นที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย ตัวอย่างเช่น เว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ โปรแกรมออนไลน์ แอปพลิเคชันของสมาร์ตโฟน เป็นต้น หากครูมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายจะส่งผลให้ครูสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องบรรยากาศโดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวีณาใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...ครูบรรยายความรู้เรื่องบรรยากาศ เกี่ยวกับองค์ประกอบของบรรยากาศและชั้นบรรยากาศโดยใช้แผนภาพชั้นบรรยากาศจากโปรแกรม PowerPoint

(ครูวีณา, แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องบรรยากาศ, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

รวมทั้งจากการวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องบรรยากาศ พบว่า ครูวีณาใช้ โปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่าง

...นักเรียนดูแผนภาพชั้นบรรยากาศในสไลด์บนกระดานไปพร้อม ๆ กันนะคะ

(ครูวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครู วิชาใช้เทคโนโลยี 2 ชนิด ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอในลักษณะของสื่อ ประกอบการบรรยาย สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชามีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่จำกัดจึงส่งผลต่อการนำ เทคโนโลยีมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้นครูวิชาจึงมีความรู้ด้านเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับ กรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

5. ครูใช้เทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอนเรื่องเมฆ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบ วิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวิชาใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอในลักษณะ ของสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...ชั้นสอน ครูเปิดวิดีโอให้นักเรียนศึกษาเรื่องการเกิดเมฆและชนิดของเมฆ จากนั้นอธิบายประเด็นสำคัญเรื่องการเกิดเมฆและชนิดของเมฆโดยใช้แผนภาพจาก โปรแกรม PowerPoint

(ครูวิชา, แผนการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องเมฆ พบว่า ครูวิชาใช้วิดีโอทัศน์ และโปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่าง

...ครูจะเปิดวิดีโอ เรื่อง ชนิดของเมฆ ให้นักเรียนศึกษา นักเรียนพยายามดู ลักษณะของเมฆแต่ละชนิดนะคะ แล้วนักเรียนค่อยศึกษารายละเอียดจากสไลด์ที่ครูจะ นำเสนอต่อไป

(ครูวิชา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนข้างต้น แสดงให้ เห็นว่าครูวิชาใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอในการจัดการเรียนการสอนเรื่องเมฆ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชามีความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ใน เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากครูวิชาใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องเมฆ อย่างไรก็ตามยังมีเทคโนโลยีหลายประเภทที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาเรื่องเมฆ เช่น ภาพเคลื่อนไหว สามมิติ เทคโนโลยีเสริมสภาพจริง (AR) สื่อการเรียนรู้สำเร็จรูปจากเว็บไซต์ รวมทั้งครูวิชายังมีความรู้ ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากใช้เทคโนโลยีไม่เหมาะสมกับวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยี

หลายประเภทที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น สถานการณ์จำลองเสมือน (PhET) เทคโนโลยีด้านการจัดการภาพ แอปพลิเคชันทางวิทยาศาสตร์ในสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต หากครูสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนก็จะช่วยพัฒนาการเรียนรู้อุทยานศาสตร์ของผู้เรียน

6. ครูขาดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยครูเน้นการสอนแบบบรรยายและใช้โปรแกรม PowerPoint ที่ไม่ได้สร้างขึ้นเองเป็นสื่อประกอบการสอน

ส่วนใหญ่ครูวิชาจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบบรรยาย โดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการสอนในลักษณะการนำเสนอรูปภาพและข้อความ จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยให้ครูอธิบายประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยี พบว่า ส่วนใหญ่ครูวิชาใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอประกอบการบรรยายเนื้อหา เนื่องจากเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกต่อการสอน รวมทั้งครูไม่ได้สร้างสื่อโปรแกรม PowerPoint ด้วยตนเอง แต่ใช้วิธีการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...ส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม PowerPoint สอนทุกเนื้อหา บางเรื่องก็ให้ดูวิดีโอ เช่น เรื่องชนิดของเมฆ เนื่องจากโปรแกรม PowerPoint ที่ตรงกับเนื้อหาที่สอนสามารถหาได้จากอินเทอร์เน็ต ส่วนคลิปวิดีโอก็หาจากยูทูป ทำให้สะดวกต่อการสอน
(ครูวิชา, ผู้ให้สัมภาษณ์, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของครูวิชาไม่ได้คำนึงถึงเนื้อหาและวิธีสอน สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชายังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งครูวิชามีความเข้าใจว่าการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนคือการใช้เทคโนโลยีประกอบการบรรยาย หากแต่การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ ตัวอย่างเช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือสถานการณ์จำลองในขั้นตอนการตรวจสอบแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนปรับปรุงแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องบรรยากาศโดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวิชาใช้โปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเรื่องบรรยากาศ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ชั้นสอน ครูอธิบายความรู้เรื่องบรรยากาศ เกี่ยวกับองค์ประกอบของบรรยากาศ และชั้นบรรยากาศโดยใช้แผนภาพชั้นบรรยากาศจากโปรแกรม PowerPoint

ชั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญของบรรยากาศและให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

(ครูวีณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2563)

เมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องบรรยากาศ พบว่า ครูวีณาใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอน

...ครู: ดังนั้น ถ้าใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นบรรยากาศ จะแบ่งได้กี่ชั้นคะ

นักเรียน: 5 ชั้น

ครู: ถูกต้องคะ ดูจากภาพในสไลด์ก็จะเห็นว่าบรรยากาศ 5 ชั้น ก็ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ และชั้นเอกโซสเฟียร์ นั่นเอง

(ครูวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 3 กุมภาพันธ์ 2563)



ภาพ 13 การปฏิบัติการสอนเรื่องบรรยากาศของครูวีณา

จากภาพการปฏิบัติการสอนเรื่องบรรยากาศ จะเห็นได้ว่าครูวีณาใช้วิธีสอนแบบบรรยาย โดยผู้เรียนรับข้อมูลจากการนำเสนอเนื้อหาผ่านโปรแกรม PowerPoint โดยไม่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งผู้เรียนบันทึกเนื้อหาสาระลงในใบกิจกรรม (ภาพ 14) สะท้อนให้เห็น

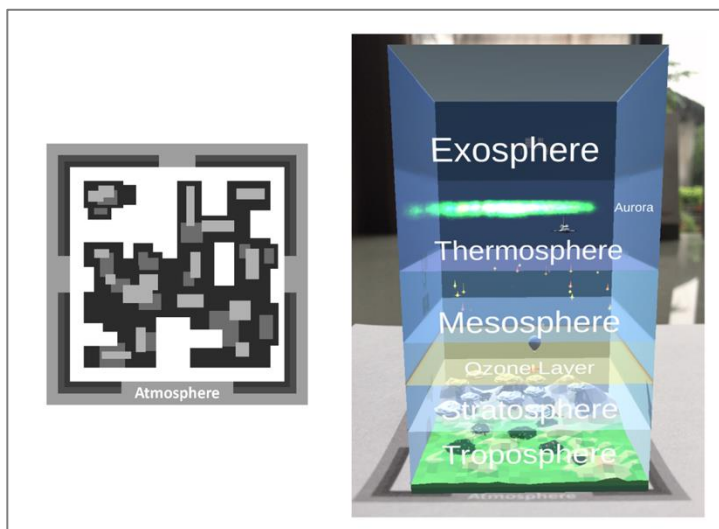
ว่าครูวิณาปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอนรวมทั้งกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. การแบ่งชั้นบรรยากาศ			
	เอกโซสเฟียร์	สโตรอสเฟียร์	2,000 °C อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามลำดับความสูง
500 km.	เทอร์โมสเฟียร์	สตราโตสเฟียร์	1,500 °C อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามลำดับความสูง
80 km.	มิโซสเฟียร์	โทรพอสเฟียร์	-85 °C อุณหภูมิลดลงตามลำดับความสูง
50 km.	เอสโตสเฟียร์	สตราโตสเฟียร์	0 °C อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามลำดับความสูง
15 km.	โทรโปสเฟียร์	โทรพอสเฟียร์	-60 °C อุณหภูมิลดลงตามลำดับความสูง

ภาพ 14 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องบรรยากาศที่ครูวิณาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

จากภาพตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องบรรยากาศ จะเห็นได้ว่า ใบกิจกรรมมีลักษณะแบบเติมคำหรือสาระสำคัญลงในช่องว่างที่กำหนด สะท้อนให้เห็นว่าใบกิจกรรมที่ครูวิณาปฏิบัติการสอนโดยเน้นความรู้ความจำให้แก่ผู้เรียน โดยที่ไม่มีการส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับผู้เรียน

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน ภาพการปฏิบัติการสอน และใบกิจกรรมที่ใช้การปฏิบัติการสอนเรื่องบรรยากาศ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ของครูวิณาใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเนื้อหาและให้ผู้เรียนจดบันทึกสาระสำคัญลงในใบกิจกรรม สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณาเลือกใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ซึ่งในการจัดการเรียนรู้เรื่องบรรยากาศ ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองชั้นบรรยากาศโดยใช้เกณฑ์ในการจำแนกของตนเองในชั้นการสำรวจตรวจสอบ จากนั้นจึงนำแบบจำลองมาอภิปรายถึงความเหมือน ความแตกต่างกับแบบจำลองของเพื่อน และให้นักเรียนใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR สแกน QR Code เพื่อให้ศึกษาแบบจำลองภาพเคลื่อนไหวสามมิติเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศและนำมาตรวจสอบกับแบบจำลองของตนเอง หากยังไม่สอดคล้องจึงให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนจะสามารถใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาอธิบายแนวคิดเรื่องบรรยากาศ ดังภาพ 15



ภาพ 15 การใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR ในการศึกษาแบบจำลอง
ภาพเคลื่อนไหวสามมิติเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศ

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องเมฆ เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบ
วิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวิณาใช้วีดิทัศน์และโปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของ
สื่อประกอบการบรรยายเรื่องเมฆ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ชั้นสอน ครูเปิดวีดิทัศน์ให้นักเรียนศึกษาเรื่องการเกิดเมฆและฝนและชนิดของ
เมฆ และอธิบายประเด็นสำคัญเรื่องการเกิดเมฆและฝน รวมทั้งชนิดของเมฆโดยใช้แผนภาพ
จากโปรแกรม PowerPoint

ขั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญของเรื่องเมฆและให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณาใช้วีดิทัศน์และโปรแกรม PowerPoint
ในชั้นสอนในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเรื่องเมฆ ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอน

...ครู: จากที่นักเรียนได้ดูวิดีโอที่ผ่านไปแล้ว เค้าใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการจำแนกชนิดของเมฆคะ

นักเรียน: รูปร่าง ลักษณะ

ครู: เก่งมากคะ ดั่งนั้นหลัก ๆ แล้ว เมฆจะแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามรูปร่าง ได้แก่

1) ซิรัรัส ลักษณะเป็นริ้ว ๆ คล้ายขนสัตว์ 2) คิวมูลัส ลักษณะเป็นก้อน 3) สเตรตัส ลักษณะเป็นแผ่นหรือชั้น

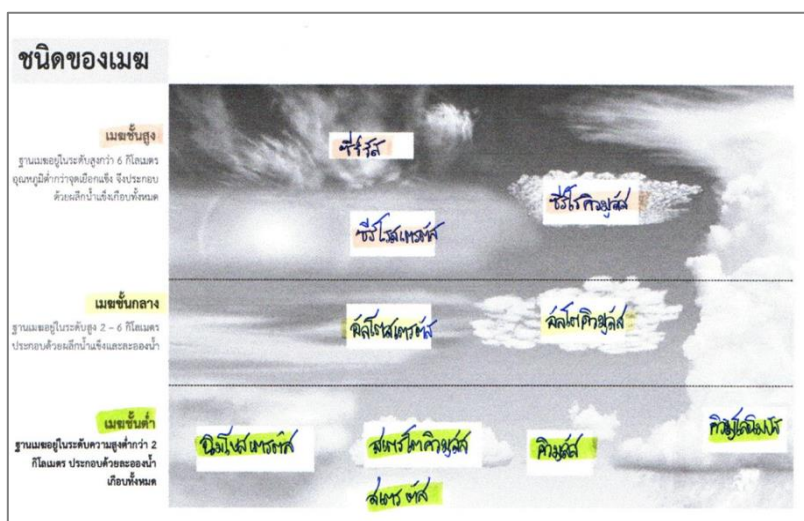
ครู: นักเรียนจดชื่อและลักษณะเมฆตามสไลด์ลงในใบกิจกรรมได้เลยคะ”

(ครูวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 5 กุมภาพันธ์ 2563)



ภาพ 16 การปฏิบัติการสอนเรื่องเมฆของครูวีณา (กุมภาพันธ์, 2563)

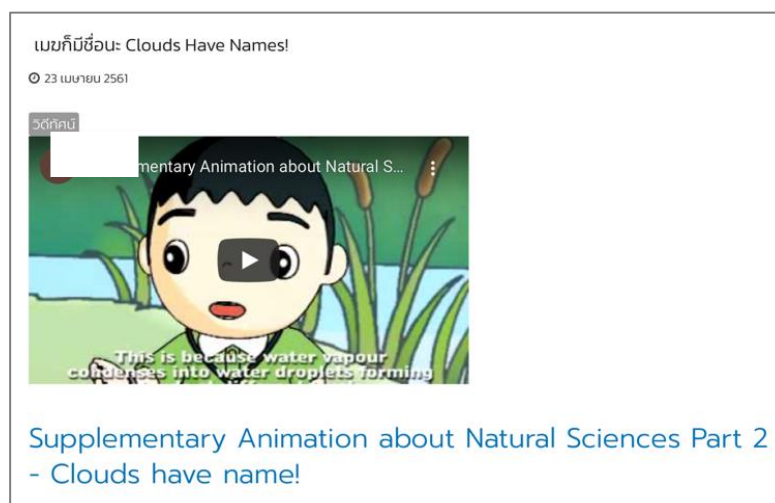
จากภาพการจัดการเรียนรู้เรื่องเมฆจะเห็นได้ว่าครูวีณาใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ซึ่งผู้เรียนรับข้อมูลจากการนำเสนอเนื้อหาจากโปรแกรม PowerPoint โดยไม่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งผู้เรียนบันทึกเนื้อหาสาระลงในใบกิจกรรม (ภาพ 16) สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณาปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอนรวมทั้งกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์



ภาพ 17 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องเมฆและฝนที่ครูวิชาใช้ในการจัดการเรียนรู้

จากภาพตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องเมฆ จะเห็นได้ว่า ใบกิจกรรมมีลักษณะแบบเติมคำหรือสาระสำคัญลงในช่องว่างที่กำหนด สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชาเน้นความรู้ ความจำให้แก่ผู้เรียน โดยที่ไม่มีการส่งเสริมการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียน

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และใบกิจกรรม แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ของครูวิชาใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเนื้อหาและให้ผู้เรียนบันทึกสาระสำคัญลงในใบกิจกรรม สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชาใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องเมฆและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ซึ่งในการจัดการเรียนรู้เรื่องเมฆ ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้โดยสังเกตเมฆบนท้องฟ้าและวาดภาพเมฆและจำแนกเมฆตามเกณฑ์ของตนเอง จากนั้นจึงให้ผู้เรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเมฆจากเว็บไซต์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น เว็บไซต์ <http://smt.ipst.ac.th> ของสถาบันส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.) ในหัวข้อ Supplementary Animation about Natural Sciences Part 2 - Clouds have name! แล้วให้นักเรียนนำเสนอผลการสืบค้นและนำมาอภิปรายร่วมกันสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับชนิดของเมฆ ดังนั้นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องเมฆดังกล่าวจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้โดยผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาอธิบายแนวคิดเรื่องเมฆ ดังภาพ 18



ภาพ 18 ภาพเคลื่อนไหวเกี่ยวกับชนิดของเมฆ

ที่มา: <http://smt.ipst.ac.th>, 2021

จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการปฏิบัติการสอน ในการปฏิบัติการสอนของครูวิชาจำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ เรื่องบรรยากาศและเมฆ แสดงให้เห็นว่าครู วิชาจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ดังนั้นครูวิชาจึงมี ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธี สอนและเทคโนโลยี

ตอนที่ 2 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการ ประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

ครูวิชาได้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ “การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” ผู้วิจัยนำเสนอการพัฒนาความรู้ใน เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิชาจากการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ครูมีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน

ก่อนเริ่มกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความรู้ในเนื้อหา เรื่องปฏิกิริยาเคมีของครูวิชา โดยใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วยแนวคิด เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวัน แบบวัดมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบแบบถูก-ผิด พร้อมทั้งให้เหตุผล จำนวน 10 ข้อ

จากการวิเคราะห์แบบวัดความรู้ในเนื้อหา พบว่า ครูวีณา มีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิด 4 ประเภท ได้แก่ 1) สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) จำนวน 3 ข้อ คือ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีจำนวน 2 ข้อ และเรื่องกฎทรงมวล จำนวน 1 ข้อ 2) สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) จำนวน 3 ข้อ คือ เรื่องกฎทรงมวล จำนวน 2 ข้อ และเรื่องปฏิกิริยาเคมี ในชีวิตประจำวัน จำนวน 1 ข้อ 3) สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนกับแนวคิดที่ คลาดเคลื่อน (PU with SM) จำนวน 1 ข้อ คือ เรื่องปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน และ 4) มีแนวคิด ที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ คือ เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยา เคมี จำนวน 2 ข้อ และเรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 1 ข้อ ดังตัวอย่างคำอธิบายต่อไปนี้

...การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดจากการที่สารตั้งต้นจัดเรียงตัวใหม่เป็นสาร ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารใหม่ที่ต่างไปจากสารเดิม ดังนั้นการเปลี่ยนสถานะ สี และมวล จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ยังเป็นสารเดิมอยู่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น จึงไม่ใช่ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

(ครูวีณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูวีณาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณา มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี อะตอมของสารตั้ง ต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารใหม่

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นและจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งชนิดของอะตอมและจำนวนของอะตอมยังเหมือนเดิม ไม่เปลี่ยนแปลง

(ครูวีณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูวีณาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณา มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีอะตอมแต่ละชนิดก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยา เคมีมีจำนวนเท่ากัน โดยอะตอมไม่สูญหายหรือเกิดขึ้นใหม่แต่มีการจัดเรียงตัวใหม่

...ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา(ผลิตภัณฑ์) จะเท่ากับ มวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยา(สารตั้งต้น) เนื่องจากจะไม่มีอะตอมใดของสารตั้งต้น สูญหาย

(ครูวีณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูวิชาช่างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะทำการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์โดยที่ไม่มีอะตอมใดสูญหายไปหรือเกิดขึ้นใหม่

ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์บางส่วน

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลของสารตั้งต้นจะเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์ในระบบปิด
(ครูวิชา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูวิชาจะเห็นได้ว่าครูวิชาอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ คือ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลของสารตั้งต้นจะเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์ แต่ไม่ได้อธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดมวลของสารตั้งต้นจึงเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งควรอธิบายเหตุผลว่าเนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะทำการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์โดยที่ไม่มีอะตอมใดสูญหายไปหรือเกิดขึ้นใหม่จึงส่งผลให้มวลของสารตั้งต้นเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์

...ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลไม่ใช่จำนวนที่ใช้ในการดุลสมการเคมี แต่เป็นตัวเลขที่แสดงการรวมตัวของอะตอมในของสารแต่ละโมเลกุล
(ครูวิชา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูวิชาจะเห็นได้ว่าครูวิชาอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ คือ ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลเป็นตัวเลขที่แสดงการรวมตัวของอะตอมในของสารแต่ละโมเลกุล โดยครูวิชาไม่ได้ระบุถึงตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับการดุลสมการเคมี ซึ่งการดุลสมการเคมีคือการเพิ่มเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเพื่อให้จำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในสารตั้งต้นมีจำนวนเท่ากับในสารผลิตภัณฑ์

...สารละลายที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสสามารถแสดงสมบัติเป็นกรดเบส หรือ กลางก็ได้

(ครูวิชา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูวิชาจะเห็นได้ว่าครูวิชาอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ คือ ปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส สารละลายที่ได้อาจมีสมบัติเป็นกรด กลาง หรือเบส แต่ไม่ได้อธิบายถึงปัจจัยที่ทำให้สารละลายแสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลาง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกริยากัน หากกรดแก่ทำปฏิกริยากับเบสอ่อนจะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกรด เบสแก่ทำปฏิกริยากับเบสอ่อนจะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นเบส และกรดแก่ทำปฏิกริยากับเบสแก่จะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกลาง

ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

...การเผาไหม้เชื้อเพลิงใด ๆ ก็ตาม จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเสมอ เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนจะทำปฏิกริยากับออกซิเจนเกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเสมอ

(ครูวิชา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูวิชาจะเห็นได้ว่าครูวิชาอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะตอมของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนจะทำปฏิกริยากับโมเลกุลของแก๊สออกซิเจนเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่ครูวิชาได้อธิบายการเผาไหม้ดังกล่าวโดยระบุว่าเป็นเช่นนี้เสมอ แสดงให้เห็นว่าครูวิชามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากปฏิกริยาการเผาไหม้ดังกล่าวเป็นการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ แต่ยังมีกรเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ

ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

...สมการเคมีที่ประกอบด้วย $3N_2$ สามารถแสดงได้เป็น NNNNNN เนื่องจาก $3N_2$ ประกอบด้วยอะตอมของธาตุไฮโดรเจนจำนวน 6 อะตอม

(ครูวิชา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวิชามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโมเลกุลที่เป็นโมเลกุลอะตอมคู่ ในกรณี $3N_2$ แสดงให้เห็นว่าประกอบด้วยโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจน (N_2) จำนวน 3 โมเลกุล จึงสามารถแสดงได้เป็น $N_2 N_2 N_2$ จึงจะสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

...การเผาไหม้เป็นการดูดความร้อนเนื่องจากต้องการความร้อนในการเริ่มต้นปฏิกิริยา เพราะระบบดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดการเผาไหม้และมีอุณหภูมิสูงขึ้น

(ครูวีณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวีณามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนในปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ใช้ความร้อนในการเริ่มต้นปฏิกิริยาเท่านั้น เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นแล้วจะไม่ต้องใช้ความร้อนอีกต่อไป แต่ปฏิกิริยาจะคายพลังงานแสงและความร้อนออกมา ดังนั้นการเผาไหม้จึงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

...เมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่าเกิดการดูดความร้อนหรือคายความร้อน บ่งบอกว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี

(ครูวีณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวีณามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับอุณหภูมิและการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมีหรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนสถานะ การละลาย

ดังนั้นจากการตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาของครูวีณา โดยใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหา เรื่องปฏิกิริยาเคมี ผลการวิเคราะห์แบบวัดความรู้ในเนื้อหาแสดงให้เห็นว่าครูวีณายังมีแนวคิดไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีความรู้ในเนื้อหาไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

2. ความเข้าใจในการวิเคราะห์หลักสูตรส่งผลต่อความรู้ในวิธีสอนเกี่ยวกับการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

ครูวีณาได้ปฏิบัติกิจกรรมการวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาสาระการเรียนรู้ที่กำหนด และระบุมাত্রฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด จากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวชี้วัดเพื่อนำมาสู่การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรม พบว่า ครูวีณาสามารถระบุมাত্রฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามสาระการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง แต่ยังประสบปัญหาในการวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี ดังตัวอย่างการสนทนาระหว่างครูวีณาและครูอารีย์

...ครูวิณา: พี่สับสนว่าเราจะเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เชื่อมกับการใช้เทคโนโลยี
 ยังไง ที่มันจะสัมพันธ์กับตัวชี้วัด

ครูอารีย์: หนูว่าเราลองดูตัวชี้วัดก่อนไหมคะ ว่ามีส่วนไหนที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่เราจะ
 เอาเทคโนโลยีมาใช้ในการสอนได้

(ครูวิณา, ใบกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ, 24 มิถุนายน 2563)

จากตัวอย่างการสนทนาข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวิณาสับสนในการวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การ
 เรียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี เมื่อทำการแลกเปลี่ยนความคิดกับครูที่เข้า
 ร่วมและปรับปรุงจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่าครูวิณาเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัด
 และสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี โดยจุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 1 และ 2 สอดคล้องกับอธิบาย
 เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบ โดยใช้แบบจำลองและสารสนเทศ ดัง
 ตัวอย่างการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้

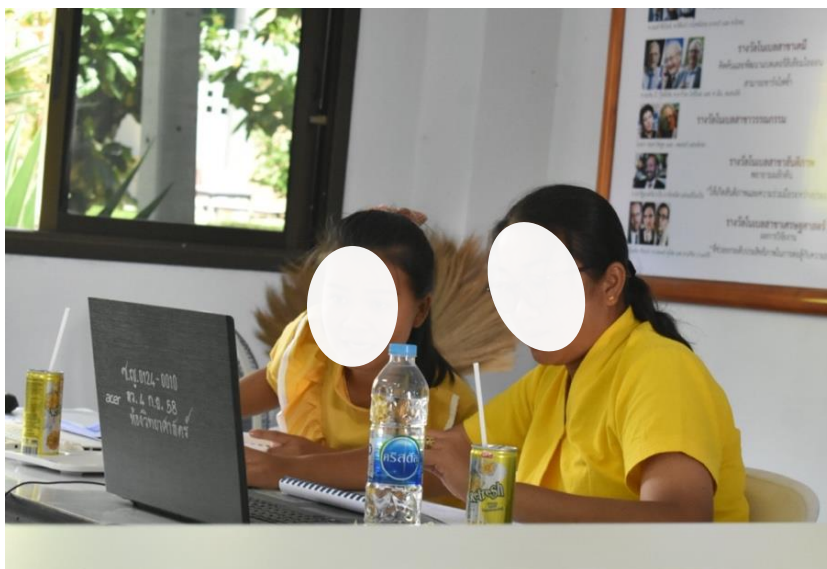
...ตัวชี้วัด ว2.1 ม.1/7 อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และ
 สารประกอบ โดยใช้แบบจำลอง และสารสนเทศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุและสารประกอบได้ (K)
- 2) ใช้แบบจำลองในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง
 อะตอม ธาตุ และสารประกอบ (P)
- 3) มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ (A)

(ครูวิณา, ใบกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ, 24 มิถุนายน 2563)

จากตัวอย่างใบกิจกรรมข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีความเข้าใจด้านการวิเคราะห์
 ตัวชี้วัดในหลักสูตรสู่การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ สะท้อนให้เห็นว่าครู
 วิณามีความรู้ในวิธีสอนเกี่ยวกับการวิเคราะห์หลักสูตรซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้
 ต่อไป



ภาพ 19 ครูวิณาทำกิจกรรมการวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3. ครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

เมื่อเข้าสู่กิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ครูวิณาได้ปฏิบัติการทดลองเรื่องปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล และฝนกรด จากการนำเสนอผลการทดลอง พบว่า ครูวิณาอธิบายแนวคิดได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น

...ในการทดลองที่ 1 เมื่อโพแทสเซียมไอโอไดต์ทำปฏิกิริยากับเลด (II) ไนเตรด จะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมเป็นตะกอนสีเหลืองของเลด (II) ไอโอไดต์ ดังนั้นการทดลองนี้เกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากเกิดสารใหม่คือตะกอนของ เลด (II) ไอโอไดต์

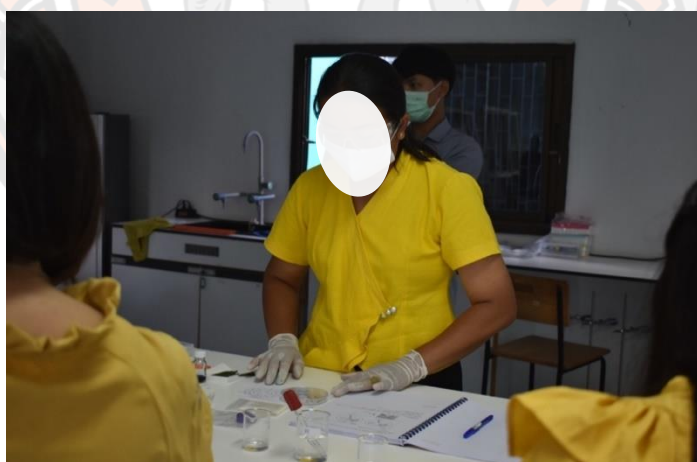
(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 24 มิถุนายน 2563)

จากตัวอย่างการนำเสนอผลการทดลองจะเห็นว่าครูวิณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์คือเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโพแทสเซียมไอโอไดต์กับเลด (II) ไนเตรด จะได้สารใหม่คือสารผลิตภัณฑ์เป็นตะกอนสีเหลืองของเลด (II) ไอโอไดต์

เมื่อครูวิชาได้สะท้อนความคิดเกี่ยวกับการนำกิจกรรมการทดลองเรื่องปฏิกิริยาเคมีไปใช้ในห้องเรียน ครูวิชาได้อธิบายถึงธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและมีสารใหม่เกิดขึ้นคือสารผลิตภัณฑ์ในการสอนเรื่องนี้จึงจำเป็นที่ผู้เรียนจะต้องเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้วิธีสอนแบบทดลองเพื่อให้ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้น และทำการสรุปและอภิปรายผลการทดลองจนสามารถสร้างคำอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ด้วยตนเอง ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามในการสะท้อนความคิดในกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

...คือด้วยเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีคอนเสปคือต้องเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นการใช้วิธีสอนแบบทดลองโดยใช้กิจกรรมการทดลองเรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี จะทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองและได้เห็นภาพการเปลี่ยนแปลงทางเคมีว่าจะมีสารใหม่เกิดขึ้นสังเกตจากแก๊สและตะกอนที่เกิดขึ้น เมื่อนักเรียนได้นำเสนอผลการทดลอง สรุปและอภิปรายผลการทดลองนักเรียนก็จะสามารถสร้างคำอธิบายได้ด้วยตัวเองค่ะ

(ครูวิชา, แบบบันทึกภาคสนาม, 24 มิถุนายน 2563)



ภาพ 20 ครูวิชาปฏิบัติการทดลองในกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

จากภาพการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องปฏิกิริยาเคมี ซึ่งได้รับบทบาทเหมือนเป็นผู้เรียน โดยลงมือปฏิบัติการทดลอง นำเสนอผลการทดลอง สรุปและอภิปรายผลการทดลองและสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล และการเกิดฝนกรดด้วยตนเอง ทำให้ได้รับ

ประสบการณ์ตรงในบทบาทผู้เรียนและเกิดความเข้าใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสอดคล้องตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

4. แม้ว่าครูจะเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีค่อนข้างช้าแต่ครูมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้จึงส่งผลให้ครูสามารถพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีของตนเองได้

ในกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูวิณาได้เรียนรู้การใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ จากการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรม พบว่าในการใช้สื่อเทคโนโลยี ครูวิณามักจะดำเนินการในขั้นตอนการใช้โปรแกรม แอปพลิเคชันต่าง ๆ ค่อนข้างช้าและไม่มีความมั่นใจในการใช้สื่อเทคโนโลยีดังกล่าว แต่มีความสนใจและมีความกระตือรือร้นจนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้สำเร็จ ดังตัวอย่างการการบันทึกภาคสนาม

...ครูวิณาใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี เมื่อครูวิณาคาดเข้าไปที่หน้าจอของแอปพลิเคชันนี้แล้ว เกิดความสับสนว่าต้องเลือกสารที่เข้าทำปฏิกิริยากันอย่างไร เมื่อเมนูของแอปพลิเคชันแสดงผลจะต้องทำอะไรต่อ เนื่องจากดำเนินการตามขั้นตอนที่วิทยากรอธิบายไม่ทัน ซึ่งครูผู้เข้าร่วมคนอื่น ๆ สามารถดำเนินการตามขั้นตอนได้อย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามครูวิณาได้ใช้แอปพลิเคชัน Beaker จนสำเร็จแล้ว เห็นถึงการให้ความสนใจและประทับใจการใช้แอปพลิเคชัน Beaker เนื่องจากเห็นภาพและเสียงรวมทั้งแสดงสมการเคมี นอกจากนี้ครูวิณายังลองเลือกสารชนิดอื่น ๆ ให้ทำปฏิกิริยากันจนใช้แอปพลิเคชัน Beaker ได้อย่างคล่องแคล่ว

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 24 มิถุนายน 2563)

จากแบบบันทึกภาคสนามดังกล่าว จะเห็นได้ว่าครูวิณาเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีได้ค่อนข้างช้า แต่มีความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ดังจะเห็นได้จากการใช้แอปพลิเคชันหลายรอบจนตนเองใช้ได้ด้วยความคล่องแคล่ว สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยี

อย่างไรก็ตามเมื่อครูวิณาได้สะท้อนตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้ในการใช้เทคโนโลยี พบว่าครูวิณารับรู้ที่ตนเองเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้สื่อเทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์มากขึ้นแต่ยังปฏิบัติได้ค่อนข้างช้า ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามในการสะท้อนตนเองหลังทำกิจกรรม

...ในกิจกรรมได้ลองใช้สื่อเทคโนโลยีก็ได้รับความรู้และทักษะในการใช้สื่อสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่ยังไม่ค่อยได้เข้าอยู่ค่ะ เพราะว่าไม่เคยใช้สื่อเหล่านี้มาก่อนเลยก็ได้น้อง ๆ และวิทยากรคอยแนะนำว่าต้องทำยังไงต่อ

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 25 มิถุนายน 2563)

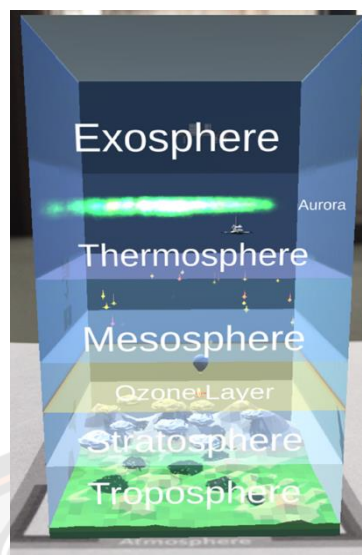
จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวิณาเกิดการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่ค่อยรู้ได้ค่อนข้างช้าเนื่องจากมีประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตามครูวิณาได้เปิดใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้เทคโนโลยีจนสามารถใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายได้อย่างถูกต้อง สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีสอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

5. ครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีจากทดลองใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์จริง

เมื่อเข้าสู่กิจกรรมสื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูวิณาได้ทดลองใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) แอปพลิเคชันการทดลองเสมือน (Lab simulation application) 2) เทคโนโลยีด้านการจัดการภาพ (Image processing) 3) เทคโนโลยีเสริมสภาพจริง (Augmented reality) 4) แอปพลิเคชันบนแท็บเล็ตและมือถือ (Tablet and mobile phone application) และ 5) สื่อการเรียนรู้สำเร็จรูปจากเว็บไซต์ (Website learning) เมื่อได้ทดลองใช้แล้ว ครูวิณาสามารถอธิบายจุดเด่น วิธีการใช้สื่อเทคโนโลยี และการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ดังตัวอย่างการทำกิจกรรม

...ในการสอนเรื่องชั้นบรรยากาศ อาจจะให้นักเรียนใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR ซึ่งมีจุดเด่นตรงที่เป็นภาพเคลื่อนไหวสามมิติที่สวยงามถูกต้องตามเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ก็ให้นักเรียนสแกน QR Code เนื้อหาที่เราจะสอน นักเรียนจะเห็นภาพเคลื่อนไหวลักษณะสำคัญของชั้นบรรยากาศแต่ละชั้น นักเรียนได้เรียนรู้โดยที่ครูไม่ต้องบรรยาย เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ซึ่งนักเรียนน่าจะอธิบายลักษณะของชั้นบรรยากาศได้ดีกว่าที่ครูจะสอนแบบบรรยายหน้าชั้น

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 25 มิถุนายน 2563)



ภาพ 21 การทดลองใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR เรื่องชั้นบรรยากาศ

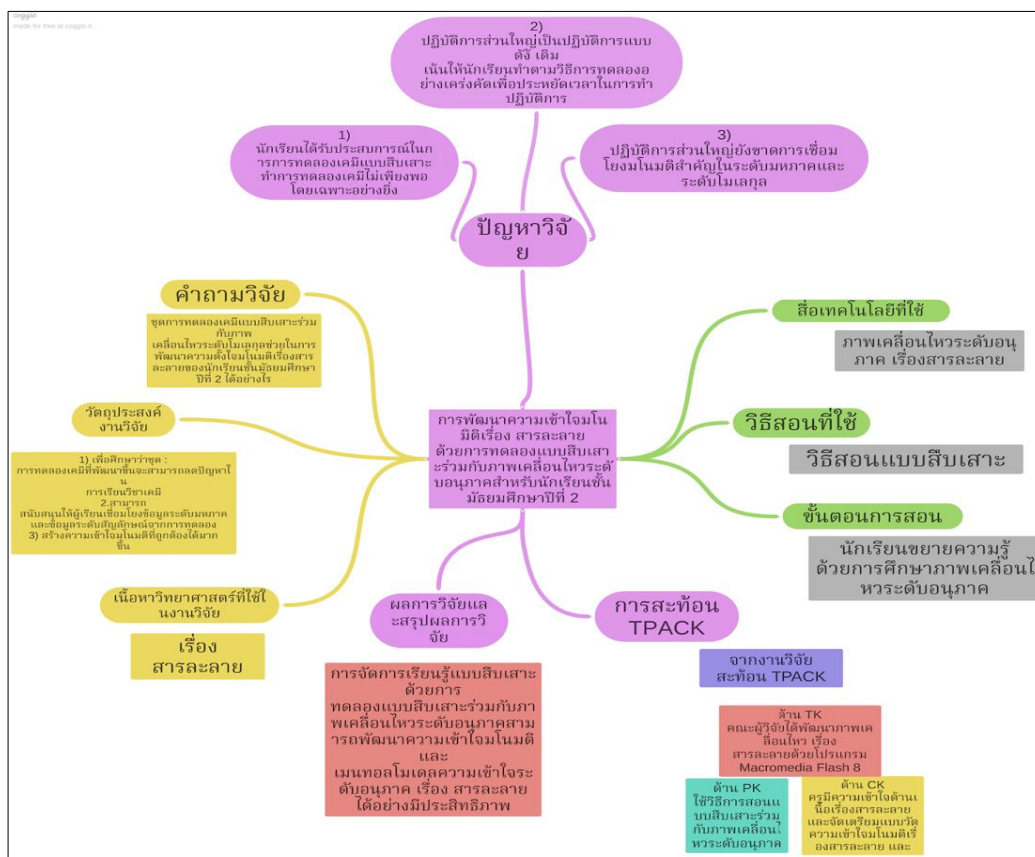
จากตัวอย่างการเลือกใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะเห็นว่าครูวิณามีความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีโดยการอธิบายจุดเด่นและวิธีใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR อีกทั้งยังสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องชั้นบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อครูมีความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาที่หลากหลายส่งผลให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหา สะท้อนให้เห็นว่าครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีสอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

6. การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ศึกษาทำให้ครูเห็นแนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แต่ยังไม่สามารถเลือกเทคโนโลยีมาใช้กับวิธีสอนได้อย่างเหมาะสมรวมทั้งขาดการเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ในกิจกรรมการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูวิณาได้เรียนรู้แนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยการวิเคราะห์งานวิจัยและนำเสนอโดยการทำแผนผังความคิดผ่านเว็บไซต์ MindMapFree.com ซึ่งครูวินานำเสนอแผนผังความคิดในประเด็นหลักคือ ขั้นตอนการสอน เนื้อหาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังตัวอย่างการนำเสนองานวิจัย

...งานวิจัยเรื่องการพัฒนาความเข้าใจมโนคติเรื่องสารละลายด้วยการทดลองแบบ สืบเสาะร่วมกับภาคเคลื่อนไหวระดับอนุภาคสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ ใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะ โดยนักเรียนเป็นผู้ใช้เทคโนโลยีคือศึกษาภาพเคลื่อนไหวจาก โปรแกรม Macromedia Flash 8 ทำให้นักเรียนเห็นภาพสารละลายในระดับอนุภาคซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 25 มิถุนายน 2563)



ภาพ 22 แผนผังความคิดจากการวิเคราะห์งานวิจัยของครูวิณา

จากตัวอย่างการทำกิจกรรมการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จะเห็นว่าครูวิณาสามารถวิเคราะห์งานวิจัยที่ใช้เทคโนโลยีร่วมกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จากการนำเสนอประเด็นการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ความรู้ในเนื้อหา ความรู้ในวิธีสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยี รวมทั้งสามารถอธิบายแนวทางการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตามครูวิณาไม่

สามารถอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ด้านเนื้อหา ด้านวิธีสอน และด้านเทคโนโลยีไปสู่องค์ประกอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้

เมื่อครูวิद्याปฏิบัติกิจกรรมการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการเทคโนโลยี โดยจับคู่กับครูมาลี (นามสมมติ) ซึ่งเป็นครูที่เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการแต่ไม่ได้เป็นครูผู้ร่วมวิจัย ซึ่งในการปฏิบัติกิจกรรมครูวิद्याได้แลกเปลี่ยนความคิดกับครูมาลีในประเด็นการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีมาใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ จากการนำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้พบว่าครูวิद्याสามารถการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาแต่ยังไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ขั้นสร้างความสนใจ ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยใช้คลิปวิดีโอที่แสดงการบินของเครื่องบินในชั้นบรรยากาศ และใช้คำถาม นักเรียนคิดว่าเครื่องบินสามารถเคลื่อนที่ในชั้นบรรยากาศชั้นใดหรือไม่ เพราะเหตุใด และนักเรียนคิดว่าบรรยากาศมีกี่ชั้น

ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนใช้แอปพลิเคชัน Discovering AR เพื่อศึกษาจากแอนิเมชัน 3 มิติที่แสดงชั้นบรรยากาศ แล้วให้นักเรียนวาดแบบจำลองชั้นบรรยากาศ

ขั้นอธิบาย นักเรียนนำเสนอแบบจำลองและสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการแบ่งชั้นบรรยากาศ

(ครูวิद्या, แผนการจัดการเรียนรู้, 26 มิถุนายน 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องชั้นบรรยากาศของครูวิद्या จะเห็นได้ว่าครูวิद्याสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR กับเนื้อหาเรื่องชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหา แต่เมื่อพิจารณากิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจซึ่งผู้เรียนสร้างแบบจำลองจากการดูภาพเคลื่อนไหวจากแอปพลิเคชัน Discovering Science AR ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวทางการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากกิจกรรมไม่ได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองแต่เป็นเพียงการดูภาพเคลื่อนไหวและวาดภาพแบบจำลองชั้นบรรยากาศตามภาพเคลื่อนไหว ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดชั้นของตนเอง แล้วจึงให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนเห็นองค์ประกอบสำคัญที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองของตนเองจนกลายเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิद्याมียังขาดความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีจึงส่งผลให้มีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

7. ครูมีการเปลี่ยนมุมมองจากการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อประกอบการบรรยายเป็นการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ผู้เรียนใช้ในการสืบเสาะหาความรู้หลังจากการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ

เมื่อเข้าสู่กิจกรรมการสะท้อนความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน ครูวีณาได้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งพบว่า ครูวีณามีความเข้าใจในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในมุมมองของการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ผู้เรียนใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ ไม่ได้เป็นเพียงแค่สื่อกลางในการบรรยายเนื้อหา ตัวอย่างเช่น

...ในการเข้าร่วมอบรมครั้งนี้ ได้เรียนรู้การใช้เทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์มากมาย จากที่เคยเข้าใจว่าการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่ดีคือการหาสื่อหลาย ๆ อย่างมาเปิดให้นักเรียนดูเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพมากที่สุด แต่ตอนนี้ได้เปลี่ยนความเข้าใจใหม่ค่ะ การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ ครูควรจะใช้วิธีสอนสืบเสาะโดยที่ให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบค้นข้อมูลไม่ใช่แค่เปิดสไลด์หรือเปิดวิดีโอให้นักเรียนดู

(ครูวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 26 มิถุนายน 2563)



ภาพ 22 ครูวีณาสะท้อนตนเองในกิจกรรมการสะท้อนความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนในการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ

จากการสะท้อนความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนของครูวิชา จะเห็นได้ว่า ครูวิชามีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากประสบการณ์เดิมที่เคยใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเมื่อได้เรียนรู้ จากการศึกษาปฏิบัติกิจกรรมในการประชุมเชิงปฏิบัติการทำให้ครูวิชาเปลี่ยนแปลงมุมมองของการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทในการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ดังนั้นจากการเข้าร่วมกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชามีการพัฒนาองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีแต่ยังไม่สมบูรณ์เนื่องจากครูวิชายังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนรวมทั้งไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

เมื่อเข้าสู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ในเดือนพฤศจิกายน ครูวิชาได้เข้าร่วมกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันกับครูอารีย์ โดยในการตั้งเป้าหมายและกำหนดหัวข้อในการพัฒนาบทเรียน ครูได้ลงความเห็นร่วมกันในการเลือกพัฒนาบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากรายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิชาวิทยาศาสตร์ ในปีการศึกษา 2561 และปีการศึกษา 2562 พบว่า ตัวชี้วัดเรื่องปฏิกิริยาเคมีมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศซึ่งจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงแก้ไข ประกอบกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีมีความซับซ้อนและมีความเป็นนามธรรมสูงจึงเป็นปัญหาสำหรับครูในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วยเนื้อหา 4 เรื่อง ได้แก่ 1) การเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) กฎทรงมวล 3) การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และ 4) ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ซึ่งครูวิชามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ดังนี้

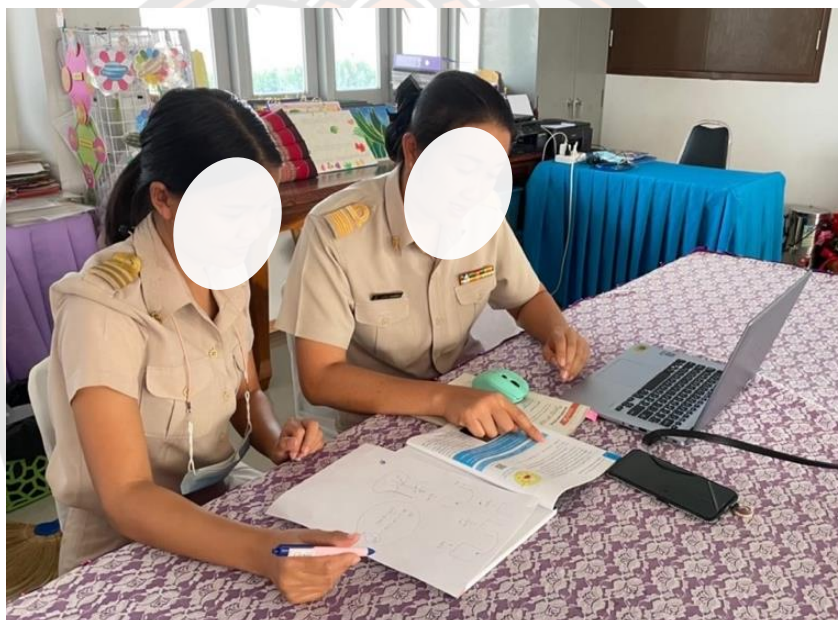
1. การออกแบบบทเรียนและการสะท้อนบทเรียนร่วมกันส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหา

ความรู้ในเนื้อหาเป็นความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่สอน ในขั้นการออกแบบบทเรียน ครูวิชาได้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีเอกสารประกอบ ได้แก่ คู่มือครู หนังสือเรียน เล่มตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครูศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัด แล้วจึงอธิบายความเข้าใจในเนื้อหา เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาร่วมกัน จากผลการวิเคราะห์แผนการ

จัดการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า ครูวิเคราะห์บุุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

...การเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยที่อะตอมของสารตั้งต้นมีการจัดเรียงตัวใหม่กลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสมบัติต่างไปจากสารเดิม ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีอาจสังเกตได้จากการเปลี่ยนสี กลิ่น หรืออุณหภูมิ มีฟองแก๊ส หรือมีตะกอนเกิดขึ้น

(ครูวีณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 6 ธันวาคม 2563)



ภาพ 23 การออกแบบบทเรียนร่วมกัน

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นอธิบาย ครูได้สรุปแนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...จากการทดลองนักเรียนจะเห็นได้ว่า เมื่อสารตั้งต้นเข้าทำปฏิกิริยาจะเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเห็นได้จากการมีตะกอนและแก๊สเกิดขึ้น ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยโมเลกุลของสารตั้งต้นจะกลายเป็นโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสมบัติต่างไปจากเดิม โดยสังเกตได้จากการเกิดตะกอน การเกิดแก๊ส เป็นต้น

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

...ครูวิณาอธิบายกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีว่าโมเลกุลของสารตั้งต้นจะกลายเป็นโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ขณะที่ครูวิณาอธิบายเห็นได้ชัดว่าครูวิณารู้สึกประหม่า ไม่มั่นใจในคำอธิบายของตนเอง โดยที่การสอนครั้งนี้ครูวิณาไม่ได้ดูจากสไลด์ที่เปิด

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกภาคสนาม, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวิณาอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีในลักษณะที่โมเลกุลของสารตั้งต้นกลายเป็นโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอะตอมของสารตั้งต้นจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์จึงไม่ใช่การที่โมเลกุลของสารตั้งต้นกลายเป็นโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูวิณายังมีความรู้ในเนื้อหาไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด

เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการประเมินและสะท้อนบทเรียน ครูอารีย์ได้สะท้อนถึงการอธิบายแนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ครูวิณาได้อธิบายระหว่างปฏิบัติการสอน ทำให้ครูวิณาได้รับรู้ว่าตนเองอธิบายแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยครูทั้ง 2 คนได้ร่วมกันแสดงแนวทางแก้ปัญหาเกี่ยวกับการอธิบายแนวคิดการสอนครั้งต่อไปโดยเตรียมการปฏิบัติการสอนก่อนไปปฏิบัติการสอนจริงในห้องเรียน ดังต่ออย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...ตอนอธิบายข้อสรุปเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีวันนี้ รู้ตัวเองเลยที่ไม่แม่น เวลาพูดก็กลัวพูดผิดอยู่ สอนครั้งต่อไปอาจจะต้องลองซ้อมสอนก่อนไปสอนจริงในห้อง

(ครูวิณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

...ในช่วงชั้นอธิบายที่ครูวิณาพูดสรุปเนื้อหา ได้ยินว่าโมเลกุลของสารตั้งต้น กลายเป็นโมเลกุลของสารผลิตภัณฑ์ คิดว่าเหมือนจะมีส่วนที่คลาดเคลื่อนเพราะว่า โมเลกุลของสารตั้งต้นจะสลายพันธะทำให้อะตอมของสารตั้งต้นจัดเรียงตัวใหม่โดยสร้างพันธะเป็น โมเลกุลของผลิตภัณฑ์ ส่วนวิธีปรับปรุงอาจจะต้องลองซ้อมสอนเหมือนที่ครูวิณาเสนอค่ะ

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

จากการสะท้อนการปฏิบัติการสอนข้างต้นแสดงให้เห็นว่าครูวิณาเปิดใจยอมรับ ข้อบกพร่องของตนเองและมีความตระหนักถึงแนวทางการแก้ไข และครูอารีย์ก็สะท้อนการปฏิบัติการ สอนในด้านเนื้อหาได้สอดคล้องกับที่ผู้วิจัยบันทึกภาคสนาม ครูวิณาจึงได้นำผลการสะท้อนการ ปฏิบัติการสอนไปปรับปรุงในการสอนครั้งต่อไป

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องกฎทรงมวล ครูวิณามีการพัฒนาด้านความรู้ใน เนื้อหาจากผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูวิณาระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการ เรียนรู้เรื่องกฎทรงมวลได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ โดยไม่มีอะตอมใดสูญหายหรือเกิดขึ้นใหม่ โดยมวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของ ผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 13 ธันวาคม 2563)

เมื่อทำการสังเกตการปฏิบัติการสอน ผลการวิเคราะห์การสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ในชั้นอธิบาย ครูวิณาอธิบายเกี่ยวกับกฎทรงมวลได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง

...จากที่นักเรียนช่วยกันสรุปและอภิปรายผลการทดลอง ก็ให้เห็นได้ว่าเมื่อ เกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของสารก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าเท่ากัน ตามกฎทรงมวล เพราะว่าอะไรคะ เพราะว่าอะตอมของสารตั้งต้นมันจะจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ จึงไม่มี อะตอมไหนหายไปถูกไหมคะ อีกร้อยอย่างถ้าผลิตภัณฑ์มีแก๊สเกิดขึ้นก็ต้องอยู่ใน ระบบปิดด้วย

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 13 ธันวาคม 2563)

ผู้วิจัยได้บันทึกพฤติกรรมการสอนของครูวิชาในแบบบันทึกภาคสนาม ซึ่งในช่วงที่ครู วิชาอธิบายสาระสำคัญของกฎทรงมวล สังเกตว่ามีความมั่นใจในการอธิบายมากขึ้น

...ครูวิชาอธิบายแนวคิดเรื่องกฎทรงมวลได้ถูกต้อง โดยเชื่อมโยงจากผลการทดลอง การพูดจาชัดเจน มีความมั่นใจในการอธิบายเนื้อหามากขึ้น

(ครูวิชา, แบบบันทึกภาคสนาม, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามข้างต้น แสดงให้เห็นว่าในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องกฎทรงมวล ครูวิชาสามารถอธิบายแนวคิดได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์และมีความมั่นใจในการอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหา

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ครูวิชามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาอย่างต่อเนื่อง จากผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครู วิชาระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ได้ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีการถ่ายโอนความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะต่ำลง เรียกว่าปฏิกิริยาดูดความร้อน หากมีการถ่ายโอนความร้อนจากระบบไปยังสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะสูงขึ้น เรียกว่าปฏิกิริยาคายความร้อน

(ครูวิชา, แผนการจัดการเรียนรู้, 20 ธันวาคม 2563)

เมื่อทำการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จาก การวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิชาอธิบายเกี่ยวกับกฎทรงมวลได้สอดคล้อง กับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและการบันทึกภาคสนาม

...เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มได้ออกมาอภิปรายแล้วลงข้อสรุปพร้อมกันแล้ว ก็จะพบว่าเมื่อ เกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีการถ่ายโอนความร้อนอยู่ 2 แบบ ฤกษ์ไหมคะ คือปฏิกิริยาที่เราเอา เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิแล้วอุณหภูมิลดลงแสดงว่าตัวเทอร์มอมิเตอร์ที่เปรียบเหมือน สิ่งแวดล้อมเนี่ยมันถ่ายโอนความร้อนไปให้ระบบ แบบนี้คือปฏิกิริยาดูดความร้อน ส่วนอีก

ปฏิกิริยาพอลิเมอร์แล้วอุณหภูมิเพิ่มขึ้นก็แสดงว่าระบบถ่ายโอนความร้อนไปยังสิ่งแวดล้อม ถ้าเป็นลักษณะนี้คือปฏิกิริยาคายความร้อนนั่นเอง

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

...ครูวิณาอธิบายแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้อง โดยพยายามเชื่อมโยงคำศัพท์สำคัญ เช่น ระบบ สิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กับผลการทดลอง ครูวิณามีความมั่นใจการอธิบาย พูดชัดเจน และใช้ท่าทางประกอบ เช่น มือเราเป็นสิ่งแวดล้อมถ้าไปจับภาชนะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีอาจรู้สึกได้ว่าร้อนหรือเย็น

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างข้างต้น แสดงให้เห็นว่าในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ครูวิณาสามารถระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้และอธิบายแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาอย่างต่อเนื่อง

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 4 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะครูวิณามีการพัฒนาในความรู้ในเนื้อหาอย่างต่อเนื่อง จากผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่าครูวิณาระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง

...เมื่อกรดทำปฏิกิริยากับโลหะ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของโลหะและแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งทำให้เกิดการฟุ้งร้อนของโลหะ เมื่อเบสทำปฏิกิริยากับโลหะ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของโลหะและแก๊สไฮโดรเจน

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 27 ธันวาคม 2563)

เมื่อทำการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ จากการวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณาอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง การปฏิบัติการสอนและการบันทึกภาคสนาม

...จากการทดลองนักเรียนเมื่อนักเรียนได้อภิปรายร่วมกันแล้วจะเห็นว่าถ้ากรดทำปฏิกิริยากับโลหะจะเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สไฮโดรเจนกับเกลือของโลหะ แต่ถ้าเบสทำปฏิกิริยากับโลหะก็จะได้แก๊สไฮโดรเจนกับเกลือของโลหะ

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 27 ธันวาคม 2563)

...ครูวิณาอธิบายแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะถูกต้อง โดยชี้ให้นักเรียนเห็นถึงความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแต่ละชนิดกับกรดและเบส ระหว่างการอธิบาย เห็นได้ว่าครูวิณามีความมั่นใจการอธิบาย โดยนำเอาหลอดทดลองที่เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดกับโลหะ และเบสกับโลหะมายกเป็นตัวอย่างประกอบการอธิบาย

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 27 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างข้างต้น แสดงให้เห็นว่าในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 4 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูวิณาสามารถระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้และปฏิบัติการสอนโดยอธิบายแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าในขั้นตอนการออกแบบบทเรียนและสะท้อนบทเรียนส่งผลให้ครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

2. ความรู้ในวิธีสอนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครู

ความรู้ในวิธีสอนเป็นความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งครูวิณาใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในการปฏิบัติการสอนส่งผลให้ครูวิณามีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน กล่าวคือ ครูวิณาปฏิบัติการสอนโดยใช้วิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครูวิณาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้กิจกรรมการทดลองในชั้นสำรวจและค้นหา ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ

- ครูจุดไฟเผาเศษกระดาษในบีกเกอร์ที่ 1 และนำสีผสมอาหารสีแดงมาละลายน้ำในบีกเกอร์ที่ 2 และใช้คำถามว่า

นักเรียนคิดว่าบีกเกอร์ใดเกิดปฏิกิริยาเคมี เพราะเหตุใด

ขั้นสำรวจและค้นหา

- นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและบันทึกผลการทดลอง

- นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายการจัดเรียงตัวของอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ขั้นอธิบาย

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- ครูอธิบายเรื่องสมการเคมีและหลักการดุลสมการเคมี

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 6 ธันวาคม 2563)

...นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดแล้วออกมานำเสนอผลการทดลองโดยใช้ตัวแทนความคิดอธิบายการจัดเรียงตัวของอะตอมของปฏิกิริยาอะ

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสร้างความสนใจ ครูวิณาใช้สถานการณ์ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาเคมีในการกระตุ้นความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน เมื่อเข้าสู่ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าครูวิณามีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะในการจัดการเรียนรู้และสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี รวมถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน แต่อย่างไรก็ตามในขั้นอธิบาย ครูวิณาเป็นผู้อธิบายความรู้ในเรื่องสมการเคมีโดยที่ผู้เรียนไม่ได้มีบทบาทในการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสมการเคมี จึงเป็นจุดที่ครูวิณาต้องนำไปพัฒนาในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องกฎทรงมวล ครูวิณาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้กิจกรรมการทดลองในชั้นสำรวจและค้นหา และในชั้นอธิบาย ครูวิณาส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายเรื่องกฎทรงมวล ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ

- ครูนำชิ้นโลหะแมกนีเซียมใส่ลงในขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 และใบที่ 2 โดยใบที่ 1 ปิดจุกส่วนใบที่ 2 ไม่ปิดจุกและใช้คำถามว่า

นักเรียนคิดว่ามวลของสารในขวดรูปชมพู่ 2 ใบนี้ เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

ขั้นสำรวจและค้นหา

- นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องกฎทรงมวล ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและบันทึกผลการทดลอง

- นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายการจัดเรียงตัว ของอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ขั้นอธิบาย

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่ศึกษา

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 13 ธันวาคม 2563)

...ดังนั้นจากผลการทดลองของทุกกลุ่มเราจึงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างมวลของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ว่าอย่างไรคะ

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสร้างความสนใจ ครูวิณาใช้สถานการณ์ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่กระตุ้นผู้เรียนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อเข้าสู่ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองเรื่องกฎทรงมวล ทำให้นักเรียนเห็นหลักฐานที่แสดงถึงมวลของสารก่อนเกิดและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี รวมถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์เพื่ออธิบายกฎทรงมวล แสดงให้เห็นว่าครูวิณามี

ความรู้ในวิธีสอนจากจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะรวมทั้งสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องการกฎทรงมวล ซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและเห็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันว่ามวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลของสารหลังทำปฏิกิริยา สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ครูวินาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้กิจกรรมการทดลองในชั้นสำรวจและค้นหา และในชั้นอธิบาย ครูวินาส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ชั้นสร้างความสนใจ

- ครูใช้คำถามว่า

นักเรียนคิดว่าการเกิดปฏิกิริยาเคมีเกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อนหรือไม่ อย่างไร”

ชั้นสำรวจและค้นหา

- นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนและหลังปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดแอสติก และปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับสารละลายกรดแอสติก

- นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

ชั้นอธิบาย

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 20 ธันวาคม 2563)

...เมื่อนักเรียนทดลองเสร็จแล้ว สมาชิกภายในกลุ่มลองช่วยกันแสดงตัวแทนความคิดการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีที่เราได้ทดลองไปแล้ว

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสร้างความสนใจ ครูวิณาใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้วิเคราะห์เกี่ยวกับพลังงาน ความร้อนในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อเข้าสู่ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ทำให้นักเรียนเห็นหลักฐานที่แสดงว่าเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีการถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้น ซึ่งการถ่ายโอนความร้อนนี้มีทั้งแบบที่ทำให้อุณหภูมิของสาร เพิ่มขึ้นและแบบที่ทำให้อุณหภูมิของสารลดลง รวมถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทน ความคิดเพื่ออธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ในระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับ สัญลักษณ์ แสดงให้เห็นว่าครูวิณามีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะในการจัดการเรียนรู้และสามารถจัด กิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและเห็นหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการถ่ายโอน ความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาพจนานุกรมวิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 4 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครู วิณาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้กิจกรรมการทดลอง ในขั้นสำรวจและค้นหา และในขั้นอธิบาย ครูวิณาส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบาย เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกต การปฏิบัติการสอน

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ขั้นสร้างความสนใจ

- ครูใช้คำถามว่า

นักเรียนคิดว่าเมื่อกรดหรือเบสทำปฏิกิริยากับโลหะจะเกิดการเปลี่ยนแปลง อย่างไร”

ขั้นสำรวจและค้นหา

- นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ โดยใส่ ชิ้นโลหะสังกะสี อะลูมิเนียมและตะปูเหล็กลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด รินสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงไปจนท่วมโลหะ สังเกตการเปลี่ยนแปลงทำการทดสอบ เช่นเดิมแต่เปลี่ยนจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

- นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายปฏิกิริยา ระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะขั้นอธิบาย

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

(ครูวีณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 27 ธันวาคม 2563)

...จากผลการทดลอง นักเรียนสามารถใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะได้อย่างไร

(ครูวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 27 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสร้างความสนใจ ครูวีณาใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้วิเคราะห์เกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ เมื่อเข้าสู่ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ทำให้นักเรียนเห็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าทั้งกรดและเบสต่างก็ทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิดได้และมีผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สเกิดขึ้น รวมถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ เพื่ออธิบายปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ แสดงให้เห็นว่าครูวีณามีความรู้ในวิธีสอนจากการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะรวมทั้งสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและเห็นหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเมื่อโลหะทำปฏิกิริยากับกรดและเบส จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

3. ครูมีความมั่นใจกับการใช้เทคโนโลยีในการสอนมากขึ้นจากการปฏิบัติการสอนและการสะท้อนการปฏิบัติการสอนส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีและความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี

ความรู้ด้านเทคโนโลยีเป็นความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน หากครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่หลากหลายจะทำให้สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้จำเพาะกับเนื้อหาที่สอนเกิดเป็นความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี เมื่อครูวีณาปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุล โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker จากการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่าครูวีณามีความกังวลและไม่มั่นใจในการนำสื่อเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...ครูวิณา: เมื่อนักเรียนเปิดโปรแกรม PhET แล้ว ให้เลือกเรื่องสมการเคมี

นักเรียน: มันต้องเลือกตรงไหนคะ

ครูวิณา: เตี่ยวครูลองเลื่อนดูก่อนนะ น่าจะเป็นตรงเมนูที่เขียนว่า วิชาเคมี

นักเรียน: แอป Beaker เรากดเอาสารแต่ละชนิดผสมกันยังไงคะ

ครูวิณา: นักเรียนลองเลื่อนดูข้อสารตามเมนูก่อนนะ เสร็จแล้วลากสารนั้นลงมา แถบ ด้านล่าง

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

...ก่อนเริ่มสอนครูวิณาเข้ามาถามผู้วิจัยว่า พอเรากดเว็บไซต์ PhET แล้ว เราต้องเลือกตรงเมนูไหนก่อน พี่กลัวกดผิดจัง เมื่อเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอนครูวิณาให้นักเรียนใช้โปรแกรม PhET เพื่อศึกษาเรื่องสมการเคมีและการดุลสมการเคมี แต่ไม่มั่นใจในการใช้โปรแกรมข

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม จะเห็นได้ว่าครูวิณาแนะนำการใช้โปรแกรม PhET กับนักเรียนโดยไม่มีความมั่นใจ เช่น การตอบนักเรียนในลักษณะของการที่ตนเองขอลองทำก่อนหรือการตอบนักเรียนโดยใช้คำว่า “น่าจะ” สอดคล้องกับแบบบันทึกภาคสนามซึ่งก่อนการปฏิบัติการสอนครูวิณามีความกังวลในการใช้โปรแกรม PhET สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณาไม่มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามครูวิณาสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี ไม่ว่าจะเป็นภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่แสดงปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก โปรแกรม PhET ที่มีรูปแบบเป็นสถานการณ์จำลองในการเรียนรู้เรื่องสมการเคมีและการดุลสมการเคมี รวมทั้งแอปพลิเคชัน Beaker ที่แสดงการทำปฏิกิริยาเคมีที่หลากหลาย

จากการวิเคราะห์ผลการสะท้อนการปฏิบัติการสอนด้านการใช้เทคโนโลยี พบว่า ครูวิณาไม่มีความมั่นใจในการใช้โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ดังตัวอย่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...การใช้สื่อเทคโนโลยีในการสอนวันนี้ คิดว่ายังไม่ค่อยคล่องเท่าไรหรอก อย่างเวลาเข้าโปรแกรม PhET ก็จะลืมน่าจะต้องกดเมนูตรงไหนก่อนถึงจะเข้าไปถึงหน้าที่เป็นเรื่องสมการเคมี คือด้วยความที่มันต้องกดหลายหน้าอ่าคะ กว่าจะเข้าไปถึงหน้านั้น แล้วให้นักเรียนใช้

แอป Beaker ก็ลื่นไปว่ามันแค่กดตัวสารไม่ได้ลากลงมา นักเรียนเลยงง ๆ ตอนใช้ เพราะที่บอกผิด

(ครูวีณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูวีณายังไม่สามารถอธิบายการใช้แอปพลิเคชันและโปรแกรมต่าง ๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณาไม่มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องกฎทรงมวล ครูวีณาใช้เทคโนโลยี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุล โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker จากการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวีณามีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...เมื่อนักเรียนกดเข้าไปในโปรแกรม PhET แล้ว ให้เลื่อนลงมา แล้วกดตรงวงกลมสีน้ำเงินที่มีคำว่าเคมี จากนั้นเลือกเรื่องการดุลสมการเคมีนะคะ ที่นี้เราลองกดเข้าไปตรง เกม แล้วลองช่วยกันเติมตัวเลขหน้าสารแต่ละชนิดว่าทำอย่างไรจึงจะสัมพันธ์กับกฎทรงมวล

(ครูวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 13 ธันวาคม 2563)

...ในกิจกรรมการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคเรื่องกฎทรงมวล ครูให้นักเรียนใช้โปรแกรม PhET เพื่ออธิบายกฎทรงมวลในระดับโมเลกุล ซึ่งครูอธิบายขั้นตอนการใช้ องค์ประกอบต่าง ๆ ในโปรแกรมได้ถูกต้อง รวมทั้งสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับข้อสงสัยของนักเรียนในการใช้แอปพลิเคชัน Beaker ได้ถูกต้อง

(ครูวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูวีณาอธิบายการใช้โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ได้ถูกต้องด้วยความมั่นใจสอดคล้องกับแบบบันทึกภาคสนามซึ่งครูวีณาดำเนินการใช้เทคโนโลยีได้อย่างถูกต้อง สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งครูวีณาสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องกฎทรงมวล ไม่ว่าจะเป็นภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่แสดงกฎทรงมวลจากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก โปรแกรม PhET ที่มีรูปแบบเป็นสถานการณ์จำลองที่แสดงให้เห็นมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยา รวมทั้งแอปพลิเคชัน Beaker ที่แสดงการทำปฏิกิริยาเคมีที่หลากหลาย

เมื่อครูวิณาได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนในด้านการใช้เทคโนโลยี พบว่า ครูวิณาอธิบายการเปลี่ยนแปลงในการใช้เทคโนโลยีในการสอนที่มั่นใจมากขึ้น ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...รู้สึกว่ามีความมั่นใจมากขึ้นค่ะ จากการสอนครั้งที่แล้วที่มีความกังวลในการใช้สื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ เวลาตอบนักเรียนก็จะไม่แมน แต่ว่าสอนครั้งนี้เราเตรียมตัวการใช้สื่อเทคโนโลยีมามากขึ้น ทดลองใช้ก่อนมาสอนหลาย ๆ รอบ ทำให้เวลาใช้สอนในห้องอธิบายการใช้กับนักเรียนได้ชัดเจนค่ะ

(ครูวิณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 13 ธันวาคม 2563)

เมื่อทำการวิเคราะห์การปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ พบว่า ครูวิณาใช้สื่อเทคโนโลยี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลของ สสวท. และแอปพลิเคชัน Beaker ซึ่งครูวิณาสามารถอธิบายขั้นตอนการใช้เทคโนโลยีและแนะนำแนวทางการปฏิบัติเมื่อนักเรียนพบปัญหาหรือข้อสงสัยในการใช้เทคโนโลยีอย่างมั่นใจ ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...นักเรียนสแกน QR Code จากหนังสือ พอขึ้นหน้าที่มีชื่อเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีแล้วกดเล่นค่ะ จะเห็นแอนิเมชันเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

...ให้นักเรียนศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะในระดับโมเลกุล โดยสแกน QR Code แล้วจะเห็นชื่อเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะ จากนั้นให้กดเครื่องหมายเล่น แล้วศึกษาการจัดเรียงตัวของอะตอมเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีนะคะ

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 27 ธันวาคม 2563)

...ครูอธิบายขั้นตอนการใช้ภาพเคลื่อนไหวของ สสวท. เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะในระดับโมเลกุลได้ถูกต้อง รวมทั้งอธิบายการใช้แอปพลิเคชัน Beaker ได้ถูกต้อง เมื่อนักเรียนมีข้อสงสัยหรือปัญหาระหว่างการใช้ออปพลิเคชัน ครูสามารถแนะนำได้ทุกกรณี

(ครูวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนจะเห็นว่าครูวีณาแนะนำการใช้ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลของ สสวท. อย่างมั่นใจสอดคล้องกับแบบบันทึกภาคสนามซึ่งครูวีณาให้คำแนะนำการใช้เทคโนโลยีกับผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น รวมทั้งครูวีณาสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ไม่ว่าจะเป็นภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่แสดงการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับกรดและโลหะกับเบส รวมทั้งแอปพลิเคชัน Beaker ที่แสดงการทำปฏิกิริยาเคมีที่หลากหลาย

เมื่อครูวีณาได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนในด้านการใช้เทคโนโลยี พบว่า ครูวีณาอธิบายการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับความสามารถในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งตนเองมีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น ดังตัวอย่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...ในการใช้เทคโนโลยีกับการสอนเนื้อหาในแต่ละเรื่องรู้สึกว่าคุณมีความมั่นใจมากขึ้นค่ะ ไม่ลนเวลาสาธิตการใช้หรืออธิบายการใช้เทคโนโลยีกับนักเรียน เพราะว่าเคยใช้จากการสอนเรื่องก่อน ๆ ก็จะมีจุดไหนบ้างที่ต้องเน้นการอธิบาย หรือมีจุดที่อาจจะเกิดปัญหากับนักเรียนเวลาใช้บ้างค่ะ

(ครูวีณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 27 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน แสดงให้เห็นว่าครูวีณามีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้มากขึ้น โดยสามารถใช้และอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ในการใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้อง

ดังนั้นจะเห็นว่าเมื่อครูวีณาได้รับประสบการณ์ตรงจากการใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนและสะท้อนการปฏิบัติการสอนทำให้เห็นข้อบกพร่องของตนเองเกี่ยวกับความไม่มั่นใจในการใช้สื่อเทคโนโลยี จึงได้เรียนรู้จากประสบการณ์และปรับปรุงข้อบกพร่องของตนเองทำให้การปฏิบัติการสอนในครั้งต่อมากครูวีณามีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณา

มีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่หลากหลายจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

4. ครูพัฒนาความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นสำรวจและค้นหา

ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีเป็นความรู้ที่ครูนำมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน ในการออกแบบบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ครูวิณามักจะพิจารณาเนื้อหาที่สอนกับวิธีสอนในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ว่าควรมีขั้นตอนหรือกระบวนการอย่างไร จากการวิเคราะห์แบบบันทึกภาคสนามในขั้นตอนการออกแบบบทเรียน พบว่าครูวิณาจะอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดของเนื้อหาที่สอนจากนั้นจึงเลือกวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...ในการออกแบบบทเรียน ครูวิณาจะพูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับครูอารีย์ เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องตรงกัน จากนั้นครูวิณาก็จะเลือกวิธีสอนและออกแบบกิจกรรม เช่น ให้นักเรียนทดลองในชั้นสำรวจ เพื่อให้เห็นการเกิดปฏิกิริยาเคมี

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 6 ธันวาคม 2563)

...ส่วนใหญ่จะออกแบบให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีสืบเสาะหาความรู้ ก็อย่างเช่น นักเรียนศึกษาแอนิเมชันในระดับโมเลกุลในการวาดแบบจำลอง ใช้โปรแกรม PhET ในการศึกษาการดุลสมการเคมี นักเรียนจะเห็นความสมดุลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จากแบบจำลองอะตอมของธาตุชนิดต่าง ๆ ในโปรแกรม

(ครูวิณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูวิณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นสำรวจและค้นหาเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ในการออกแบบบทเรียนเรื่องกฎทรงมวล ครูวีณาได้ปรับวิธีสอนโดยนำแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดมาใช้ในขั้นสำรวจและค้นหาและใช้เทคโนโลยีในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวและสมการเคมีมาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบตัวแทนความคิด ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...ครูวีณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกฎทรงมวล โดยใช้กิจกรรมการทดลองเพื่อให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นคือมวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์ในระบบปิดซึ่งเป็นตัวแทนความคิดระดับมหภาค จากนั้นจึงเสนอให้นำแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดมาใช้เป็นกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหาเพื่ออธิบายกฎทรงมวลในระดับโมเลกุลและระดับสัญลักษณ์ โดยใช้ภาพเคลื่อนไหวจากเว็บไซต์ ACS และแอปพลิเคชัน Beaker เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความตัวแทนความคิด

(ครูวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 13 ธันวาคม 2563)

...ในกิจกรรมก็ได้ให้นักเรียนทดลองเพื่อให้นักเรียนเห็นว่ามวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์ จากนั้นได้ให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดเรื่องกฎทรงมวลในระดับโมเลกุล และนักเรียนจะตรวจสอบตัวแทนความคิดว่าสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ใหม่จากการดูแอนิเมชันในระดับโมเลกุลรวมถึงตรวจสอบสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker

(ครูวีณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูวีณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกฎทรงมวล โดยในขั้นสำรวจและค้นหาใช้กิจกรรมการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนเห็นว่ามวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาเท่ากับหลังทำปฏิกิริยาส่งผลให้ผู้เรียนเกิดตัวแทนความคิดระดับมหภาค จากนั้นจึงใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่แสดงถึงกฎทรงมวลในขั้นตอนการตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของผู้เรียน รวมถึงใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในการตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ครูวีณาใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ในขั้นสำรวจผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและแสดงตัวแทนความคิดโดยใช้เทคโนโลยีในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวและรูปแบบสมการเคมีมาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบตัวแทนความคิด ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...ครูวิณาแสดงความคิดในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีโดยในขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเพื่อให้เข้าใจการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นผลจากการถ่ายโอนความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดระดับมหภาค และนักเรียนจะอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์จากการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและเขียนสมการเคมีโดยตรวจสอบตัวแทนความคิดจากภาพเคลื่อนไหวและแอปพลิเคชัน Beaker

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 20 ธันวาคม 2563)

...นักเรียนได้ทำกิจกรรมการทดลองก็จะเข้าใจแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนในปฏิกิริยาเคมี จากนั้นจะให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในปฏิกิริยาเคมีทดลองไปว่าสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมียังไง และศึกษาแอนิเมชันในระดับโมเลกุลเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker

(ครูวิณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ครูวิณาใช้การทดลองเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อนและคายความร้อนทำให้ผู้เรียนเกิดตัวแทนความคิดระดับมหภาค จากนั้นจึงใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลในการตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาค รวมถึงใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในการตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณาออกแบบกิจกรรมโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูวิณาใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยในขั้นสำรวจผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและแสดงตัวแทนความคิดโดยใช้เทคโนโลยีในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวและรูปแบบสมการเคมีมาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบตัวแทนความคิด ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูวิณาใช้รูปแบบการสอน 5E โดยในขั้นสำรวจนักเรียนทำการทดลองเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อโลหะแต่ละชนิดทำปฏิกิริยากับกรดและเบส แล้วจึงให้นักเรียน

อธิบายปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลจากการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคพร้อมทั้งเขียนสมการเคมีโดยใช้ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลและแอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบความสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

(ครูวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 27 ธันวาคม 2563)

...การออกแบบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ก็เน้นการสืบเสาะหาความรู้ ในชั้นสำรวจนักเรียนจะทำการทดลองทำให้เกิดตัวแทนความคิดระดับมหภาค จากนั้นนักเรียนจะอธิบายปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลโดยแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและเขียนสมการเคมี โดยใช้แอนิเมชันระดับโมเลกุลและแอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบตัวแทนความคิด

(ครูวีณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 27 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูวีณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การปฏิบัติการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อโลหะแต่ละชนิดทำปฏิกิริยากับกรดและเบสทำให้ผู้เรียนเกิดตัวแทนความคิดระดับมหภาค จากนั้นจึงใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลเพื่อตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาครวมถึงใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในการตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

จากตัวอย่างการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 เรื่อง ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ จะเห็นได้ว่าครูวีณาเน้นกิจกรรมในชั้นสำรวจโดยใช้กิจกรรมการทดลองและการแสดงตัวแทนความคิดโดยใช้เทคโนโลยี ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลและแอปพลิเคชัน Beaker ในการตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาพจนานุกรมวิธีสอนและเทคโนโลยีจากการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสำรวจที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้

5. การปฏิบัติการสอนของครูที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครูวิณาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) และเน้นให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในชั้นสำรวจในลักษณะของสื่อประกอบการเรียนรู้ แต่ผู้เรียนไม่ได้ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ รวมทั้งครูยังใช้เทคโนโลยีประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ชั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีและครูวิณาให้นักเรียนแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลโดยการแสกน QR Code เพื่อศึกษาภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลและบันทึกลงในใบกิจกรรม

ชั้นอธิบาย ครูใช้โปรแกรม PhET อธิบายเรื่องสมการเคมีและหลักการดุลสมการเคมี

ชั้นขยายความรู้ ครูให้นักเรียนใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในการทำใบกิจกรรม

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสำรวจและค้นหาผู้เรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลและวาดภาพตัวแทนความคิดที่แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีลงในใบกิจกรรม กิจกรรมนี้จึงไม่สอดคล้องกับการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้เรียนควรได้แสดงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคก่อน จากนั้นจึงศึกษาลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหวเพื่อปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่เพียงดูภาพเคลื่อนไหวและวาดในลงในใบกิจกรรม รวมทั้งในชั้นอธิบาย ครูอธิบายหลักการดุลสมการเคมีโดยใช้โปรแกรม PhET เป็นสื่อประกอบการอธิบาย ซึ่งนักเรียนควรใช้โปรแกรม PhET ในการเปรียบเทียบความสมดุลของจำนวนอะตอมของธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างคำอธิบายการดุลสมการเคมีด้วยตนเอง สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณายังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีเป็นเพียงสื่อกลางในการปฏิบัติการสอน โดยที่ผู้เรียนไม่ได้ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้

เมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ในขั้นสำรวจและค้นหาครุวีณาให้นักเรียนแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลจากการวาดภาพตามภาพเคลื่อนไหวที่ศึกษาดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและบันทึกภาคสนาม

...เมื่อนักเรียนได้ทำการทดลองและดูภาพเคลื่อนไหวจากลิงก์ที่ครูส่งให้แล้ว นักเรียนวาดภาพการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลได้เลยค่ะ

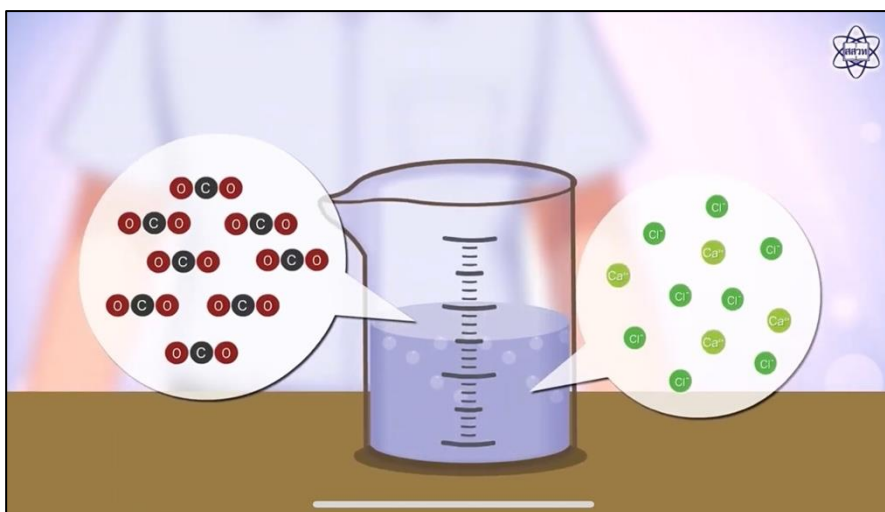
จากโปรแกรม PhET นักเรียนจะเห็นว่าเราต้องใส่ตัวเลขข้างหน้าสารเพื่อให้จำนวนอะตอมของธาตุเดียวกันในสารตั้งต้นเท่ากับผลิตภัณฑ์ใช่ไหมคะ

(ครุวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

...ในขั้นสำรวจและค้นหาครุวีณาให้นักเรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี แล้วให้นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลจากการวาดภาพตามภาพเคลื่อนไหวที่ศึกษา และในขั้นอธิบายครุวีณาอธิบายการดุลสมการเคมีโดยใช้ โปรแกรม PhET เป็นสื่อประกอบ

(ครุวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่าครุวีณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหาโดยใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการสอน โดยให้ผู้เรียนวาดภาพการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลตามภาพเคลื่อนไหว โดยไม่ได้ส่งเสริมความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดให้กับผู้เรียนตามตัวชี้วัดในหลักสูตร ซึ่งผู้เรียนควรได้แสดงตัวแทนความคิดเกี่ยวกับการจัดเรียงตัวของอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ภาพเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบตัวแทนความคิดของตนเองเพื่อปรับปรุงให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งในขั้นอธิบาย ครุวีณาใช้โปรแกรม PhET ในการอธิบายหลักการดุลสมการเคมี โดยดุลสมการเคมีให้นักเรียนดู ซึ่งควรให้ผู้เรียนร่วมกันหาวิธีในการเติมตัวเลขเพื่อให้จำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน ผู้เรียนจึงจะสามารถใช้โปรแกรม PhET เพื่ออธิบายหลักการดุลสมการเคมีได้ด้วยตนเอง



ภาพ 24 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่ใช้ในการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

phet.colorado.edu

เกี่ยวกับสถานการณ์จำลอง แหล่งข้อมูล >

PHET | CU

Tools: [Icons]

$$1 \text{ N}_2 + 2 \text{ H}_2 \rightarrow 2 \text{ NH}_3$$

Make Ammonia
 Separate Water
 Combust Methane

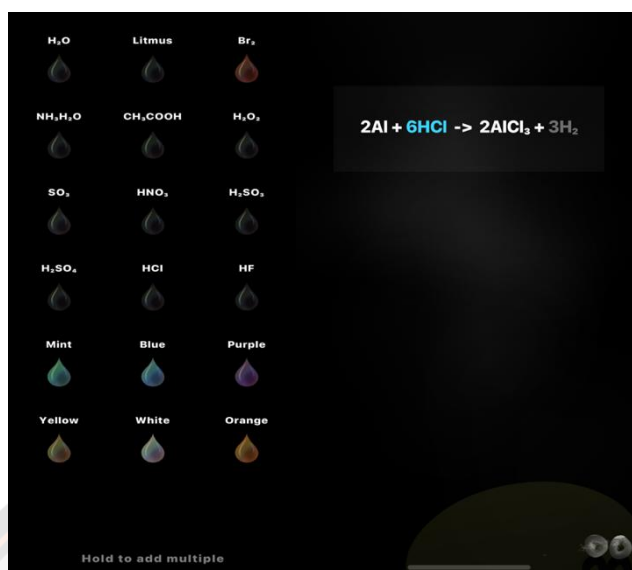
Balancing Chemical Equations

Topics

- สมการเคมี
- กฎทรงมวล

การดุลสมการเคมี

ภาพ 25 ตัวอย่างโปรแกรม PHET ที่ใช้ในการสอนเรื่องการดุลสมการเคมี



ภาพ 26 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Beaker ที่ใช้ในการสอนเรื่องสมการเคมี



ภาพ 27 การจัดการเรียนการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีของครูวิณา

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่อง กฎทรงมวล ครูวิณาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องกฎทรงมวล พบว่า ในขั้นสำรวจและค้นหาผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดของตนเอง ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...ในขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุลและสมการเคมีลงในใบกิจกรรม จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนและแลกเปลี่ยนความคิดในประเด็นความเหมือนและความแตกต่าง แล้วจึงศึกษาปฏิบัติการดังกล่าวจากภาพเคลื่อนไหวพร้อมกับตรวจสอบกับตัวแทนความคิดของตนเองหากไม่สอดคล้องให้ทำการปรับปรุง รวมทั้งตรวจสอบสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า ในขั้นสำรวจและค้นหาผู้เรียนได้แสดงตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลเกี่ยวกับกฎทรงมวล แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วจึงให้นักเรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวเกี่ยวกับกฎทรงมวลโดยเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและภาพเคลื่อนไหว พร้อมทั้งระบุสิ่งที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น กิจกรรมนี้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสร้างตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคโดยใช้เทคโนโลยีในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ รวมทั้งใช้เทคโนโลยีในรูปแบบแอปพลิเคชัน Beaker ในการตรวจสอบความถูกต้องของการเขียนสมการเคมีซึ่งเป็นตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ในขั้นสำรวจและค้นหานักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองและแสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุล โดยทำการแลกเปลี่ยนความคิดในประเด็นความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและของเพื่อน จากนั้นจึงศึกษาภาพเคลื่อนไหวที่แสดงถึงกฎทรงมวลในระดับโมเลกุลพร้อมทั้งปรับปรุงตัวแทนความคิดของตนเองให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์จากภาพเคลื่อนไหว ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและบันทึกภาคสนาม

...เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเรียบร้อยแล้ว ลองวาดภาพการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ตามที่นักเรียนได้ทดลอง พร้อมทั้งเขียนสมการเคมี จากนั้นให้นักเรียน

เปรียบเทียบกับภาพที่ตัวเองวาดกับของเพื่อนแล้วดูว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันตรงไหน ลองถามเพื่อนดูว่า ทำไมถึงวาดแบบนี้ เสร็จแล้วให้นักเรียนดูภาพเคลื่อนไหวแล้วเปรียบเทียบกับสิ่งที่เราวาด พร้อมทั้งแก้ไขให้ถูกต้อง จากนั้นก็ใช้แอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมีด้วยค่ะ

(ครูวีณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 13 ธันวาคม 2563)

...ครูวีณาก็พยายามใช้คำถามกระตุ้นการคิดของผู้เรียน เช่น “นักเรียนจะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลก่อนเกิดปฏิกิริยาและหลังปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลได้อย่างไร และเขียนสมการเคมีจากปฏิกิริยาดังกล่าวอย่างไร” ทำให้นักเรียนเริ่มแสดงตัวแทนความคิดของตัวเองออกมา เมื่อนักเรียนเปรียบเทียบตัวแทนความคิดของตนเองกับของเพื่อน ส่วนใหญ่จะถามเพื่อนในลักษณะที่ต่างกันว่าทำไมถึงเป็นแบบนี้ เมื่อไปดูภาพเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์นักเรียนเริ่มเข้าใจว่าตัวแทนความคิดของตนเองคลาดเคลื่อนกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างไรพร้อมทั้งปรับปรุง รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker

(ครูวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนามจะเห็นได้ว่าครูวีณาส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้โดยการสร้างตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความเข้าใจของตนเองก่อนแล้วจึงใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณาจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้



ภาพ 28 การจัดการเรียนการสอนเรื่องกฎทรงมวลของครูวิณา

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี พบว่า ในขั้นสำรวจและค้นหาผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดของตนเอง ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...ในขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนปฏิบัติการทดลองการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนว่า นักเรียนสามารถอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลได้อย่างไรและแสดงสมการเคมีได้อย่างไร โดยให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในใบกิจกรรม จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนและแลกเปลี่ยนความคิดในประเด็นความเหมือนและความแตกต่าง แล้วจึงศึกษาปฏิกิริยาดังกล่าวจากภาพเคลื่อนไหวและแอปพลิเคชัน Beaker พร้อมกับตรวจสอบกับตัวแทนความคิดของตนเองหากไม่สอดคล้องให้ทำการปรับปรุงตัวแทนความคิด

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่าในขั้นสำรวจและค้นหาผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองเพื่อหาคำตอบ “อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่” ทำให้นักเรียนใช้ทักษะการสังเกตและทักษะการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นจึงให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระดับโมเลกุลและระดับสัญลักษณ์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วจึงให้นักเรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี โดยเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและภาพเคลื่อนไหวที่ศึกษา พร้อมทั้งระบุสิ่งที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น กิจกรรมนี้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

เมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ในขั้นสำรวจ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองและแสดงตัวแทนความคิดจากปฏิกิริยาที่ทำการทดลองในระดับโมเลกุล โดยทำการแลกเปลี่ยนความคิดในประเด็นความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและของเพื่อน จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาภาพเคลื่อนไหวที่แสดงถึงการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลและระดับสัญลักษณ์ พร้อมทั้งปรับปรุงลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

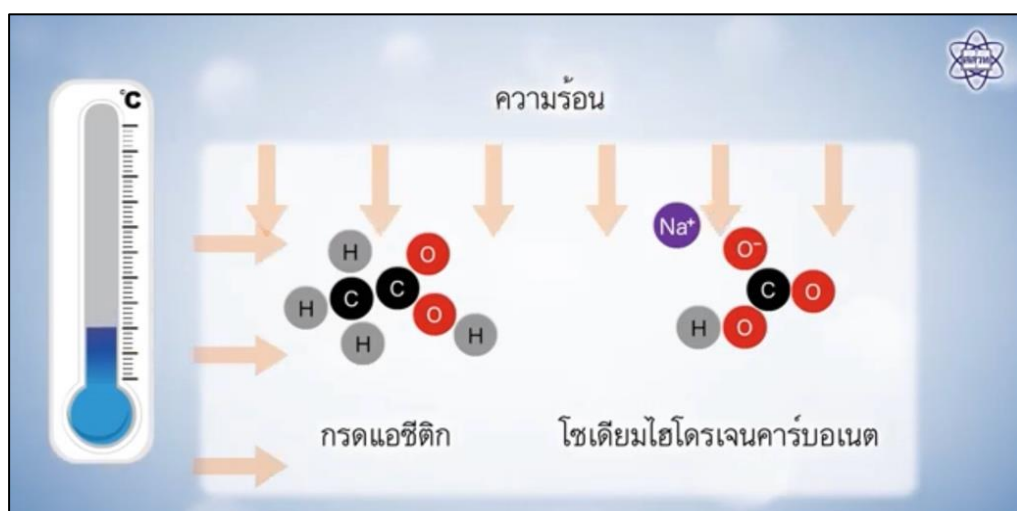
...จากการทดลองทั้ง 2 ตอน นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดปฏิกิริยาเคมีและอุณหภูมิอย่างไรบ้าง นักเรียนลองวาดภาพที่แสดงถึงการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี แล้วก็ลองแลกเปลี่ยนกับเพื่อนในกลุ่ม หลังจากนั้นก็ดูภาพเคลื่อนไหว

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

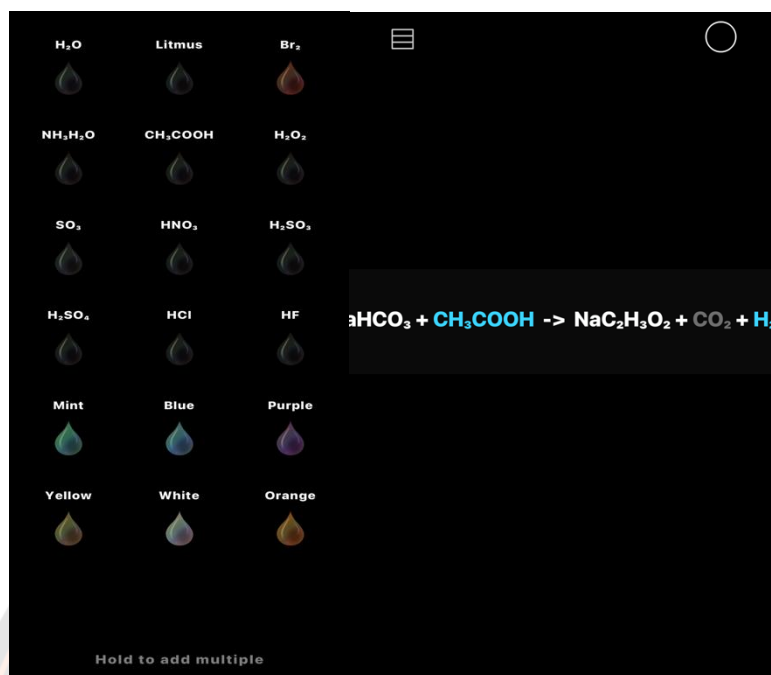
...ครูวิณาปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ ในขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้แสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุลที่แสดงถึงการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีที่ทำการทดลอง จากนั้นนักเรียนเปรียบเทียบตัวแทนความคิดของตนเองกับของเพื่อนและศึกษาภาพเคลื่อนไหวที่

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกภาคสนาม, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนามจะเห็นว่าครู วิชาส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ สอดคล้องกับแนวทางการสร้าง ตัวแทนความคิดที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงตัวแทนความคิดของตนเองก่อนแล้วจึงใช้เทคโนโลยีเป็น เครื่องมือในการตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครู วิชาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้



ภาพ 29 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่ใช้ในการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของ ปฏิกิริยาเคมี



ภาพ 30 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Beaker ที่ใช้ในการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี



ภาพ 31 การจัดการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 4 เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ โดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ในขั้นสำรวจและค้นหาผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดของตนเอง ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...ในขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนปฏิบัติการทดลองปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ และใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนว่า “นักเรียนสามารถอธิบายการปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะในระดับโมเลกุลได้อย่างไร” โดยให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในใบกิจกรรม จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนและแลกเปลี่ยนความคิดในประเด็นความเหมือนและความแตกต่าง แล้วจึงศึกษาปฏิกริยาดังกล่าวจากภาพเคลื่อนไหวพร้อมและตรวจสอบตัวแทนความคิดของตนเองหากไม่สอดคล้องให้ทำการปรับปรุงตัวแทนความคิด

(ครูวิณา, แผนการจัดการเรียนรู้, 27 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า ในขั้นสำรวจและค้นหา ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ทำให้นักเรียนใช้ทักษะการสังเกตและทักษะการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดเกี่ยวกับปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะในระดับโมเลกุล แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนว่ามีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วจึงให้นักเรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวเกี่ยวกับปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ โดยเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและภาพเคลื่อนไหวที่ศึกษา พร้อมทั้งระบุสิ่งที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น กิจกรรมนี้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการสร้างตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

เมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ในขั้นสำรวจ นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลอง และแสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุล โดยได้ทำการแลกเปลี่ยนความคิดในประเด็นความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและของเพื่อน จากนั้นจึงทำการศึกษาภาพเคลื่อนไหวที่แสดงถึงปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะในระดับโมเลกุล พร้อมทั้งปรับปรุงตัวแทนความคิด ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

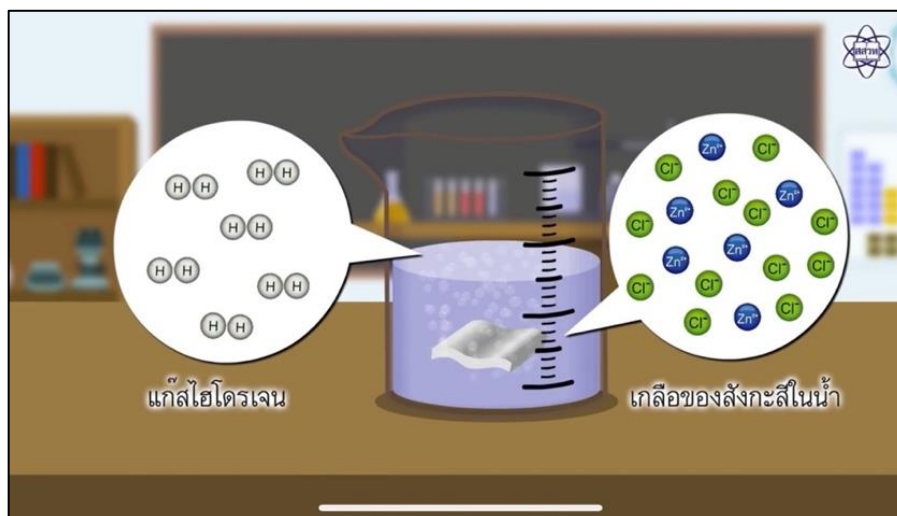
...หลังจากที่นักเรียนทำการทดลองโดยเอาโลหะจุ่มในสารละลายกรดและสารละลายเบส นักเรียนลงวาดภาพที่แสดงถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นๆ และเปรียบเทียบความเหมือน ความแตกต่างกับเพื่อนในกลุ่ม หลังจากนั้นก็ดูภาพเคลื่อนไหวปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะในระดับโมเลกุล

(ครูวิณา, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 27 ธันวาคม 2563)

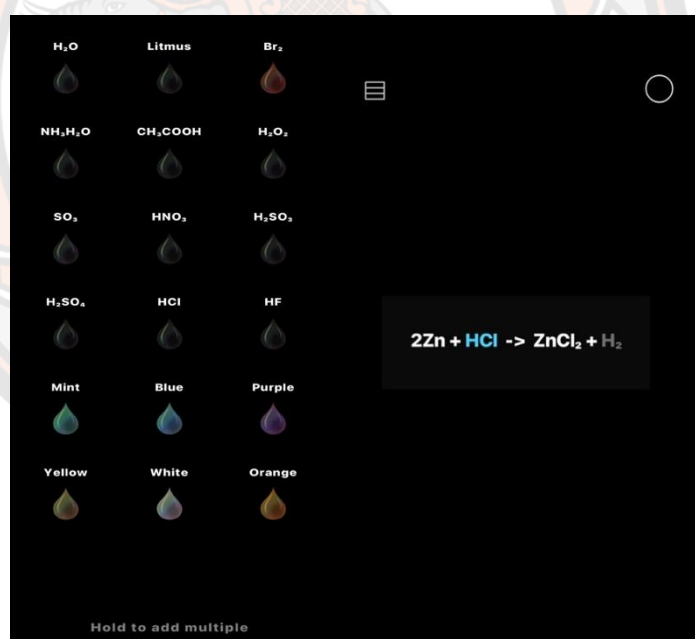
...ครูวิณาปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ ในขั้นสำรวจและค้นหานักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำการทดลองและแสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุลของปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ จากนั้นนักเรียนนำตัวแทนความคิดของตนเองกับเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างกับเพื่อน และศึกษาภาพเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อพิจารณาลักษณะสำคัญ

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกภาคสนาม, 27 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม จะเห็นได้ว่าครูวิณาส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์โดยใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงตัวแทนความคิดของตนเองก่อนแล้วจึงใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้



ภาพ 32 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่ใช้ในการสอนเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ



ภาพ 33 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Beaker ที่ใช้ในการสอนเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ



ภาพ 34 การจัดการเรียนการสอนเรื่อง ปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

จากการปฏิบัติการสอนของครูวิชาทั้ง 4 เรื่อง จะเห็นได้ว่าหลังจากการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 ครูวิชาส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทในการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะร่วมกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ ซึ่งมีความเหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องปฏิกริยาเคมี ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยี ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหว โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้จากการแสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีได้จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ส่งผลให้ครูวิชามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

6. การสะท้อนถึงข้อบกพร่องในการจัดการเรียนรู้และร่วมกันปรับปรุงบทเรียนเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลให้ครูพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

หลังจากครูวิชาปฏิบัติการสอนเรื่องการเกิดปฏิกริยาเคมีแล้ว เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการสะท้อนและประเมินบทเรียน ครูวิชาสะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเอง โดยสะท้อนว่าตนเองบูรณาการระหว่างเนื้อหา วิธีสอนและเทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกัน แต่อย่างไรก็ตามมีผู้เรียนส่วนน้อยที่ตอบคำถามและร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง ดังตัวอย่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...ในการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีก็คิดว่าได้ใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ ก็ใช้รูปแบบ 5E ในชั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนจะได้ลงมือทดลอง และให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีในชั้นสำรวจ ก็อย่างเช่น นักเรียนศึกษาแอนิเมชันในระดับโมเลกุลในการวาดแบบจำลอง และให้นักเรียนใช้โปรแกรม PhET ในการศึกษาการดุลสมการเคมี นักเรียนจะเห็นความสมดุลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จากภาพจำลองอะตอมของธาตุชนิดต่าง ๆ ในโปรแกรม ต่อมาชั้นอธิบายก็ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง พอถึงชั้นขยายความรู้ก็ให้นักเรียนทำใบกิจกรรม แล้วก็ใช้แอป Beaker เขียนสมการเคมี แต่เมื่อพิจารณาใบกิจกรรมแล้วนักเรียนส่วนใหญ่ยังแสดงตัวแทนความคิดเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลไม่ได้ แล้วก็ยังคงดุลสมการเคมีผิดอยู่ค่ะ คงต้องกลับไปปรับช่วงที่ให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิด แล้วก็อาจจะต้องอธิบายการดุลสมการเคมีให้เห็นตัวอย่างที่หลากหลายกว่านี้ เท่าที่สังเกตก็ไม่พบปัญหาการใช้เทคโนโลยีของนักเรียนนะคะ จะมีก็แต่ตอนใช้โปรแกรม PhET ซึ่งเป็นโปรแกรมออนไลน์ อาจจะต้องใช้เวลามากขึ้นเพราะว่าพื้นที่โรงเรียนเราสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่ค่อยจะเร็วเท่าไรค่ะ

(ครูวิณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูวิณาสะท้อนว่าตนเองใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน ซึ่งนักเรียนได้ทำการสืบเสาะจากการปฏิบัติการทดลอง เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี และศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลจากภาพเคลื่อนไหว รวมถึงศึกษาการดุลสมการเคมีจากโปรแกรม PhET กิจกรรมส่วนนี้นักเรียนมีบทบาทในการสืบเสาะหาความรู้เพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากการทดลองซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดตัวแทนความคิดระดับมหภาค และศึกษาจากสื่อเทคโนโลยีส่งผลให้เกิดตัวแทนความคิดระดับจุลภาค โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำซึ่งสอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ ในชั้นอธิบาย นักเรียนได้นำเสนอผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง แต่ไม่ได้สรุปผลการทดลอง กิจกรรมนี้ยังมีความเคลื่อนไหวคลื่อนจากคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งนักเรียนควรเป็นผู้ลงข้อสรุปเพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อนักเรียนได้ทำใบกิจกรรมในชั้นขยายความรู้ ครูวิณาพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคือ นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ เช่น นักเรียนไม่สามารถแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลได้รวมทั้งนักเรียนยังไม่สามารถดุลสมการเคมีได้ส่งผลให้เกิดปัญหาในการแสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ ครูวิณาจึงได้นำปัญหาที่พบมาร่วมสะท้อนการปฏิบัติการสอนและหาแนวทางปรับปรุงกับครูอารีย์ในขั้นตอนการสะท้อนและปรับปรุงบทเรียน ซึ่งครู

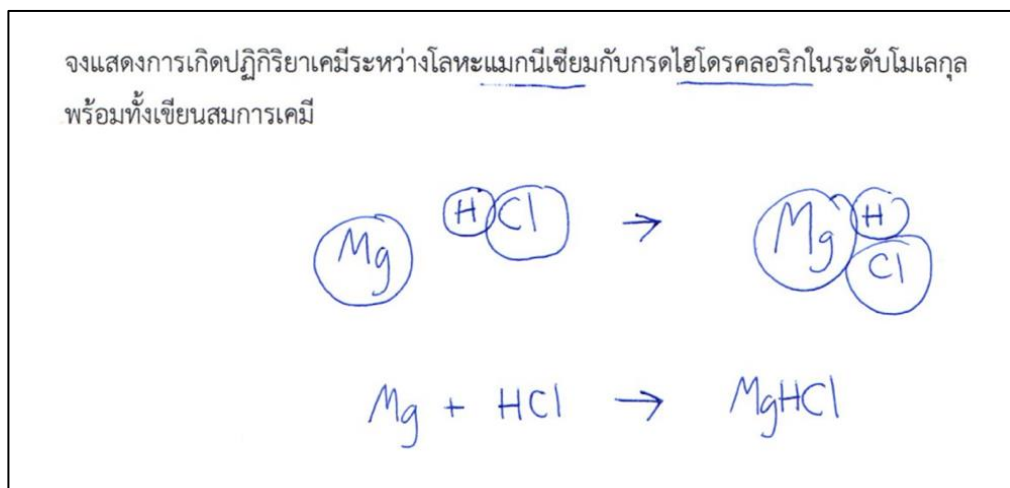
วีณาแสดงความคิดเห็นว่าต้องปรับกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดและอธิบายหลักการดุลสมการเคมี

อย่างไรก็ตามเมื่อครูอารีย์ได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวีณา ครูอารีย์สะท้อนว่าวิธีสอนเหมาะสมกับเนื้อหา แต่ผู้เรียนยังประสบปัญหาในแสดงตัวแทนความคิดและเขียนสมการเคมี รวมทั้งส่วนใหญ่ครูวีณามักจะใช้คำถามที่ชี้้นำคำตอบแก่ผู้เรียน ประกอบกับผู้เรียนส่วนใหญ่มักจะไม่ตอบคำถามและร่วมอภิปราย ครูจึงลงข้อสรุปด้วยตนเอง ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์

...ก็มองว่าครูวีณาสอนโดยใช้วิธีสอนสอดคล้องกับเนื้อหาและเทคโนโลยี นักเรียนสร้างแบบจำลองจากการดูแอนิเมชันและวาดภาพลงในใบกิจกรรม ส่วนการใช้โปรแกรม PhET แต่ละกลุ่มก็ช่วยกันคิดจนดุลสมการเคมีได้ พอใช้แอป Beaker นักเรียนจะเสียเวลาตรงกตเลือกสารที่ทำปฏิกิริยากัน แต่เท่าที่สังเกตนักเรียนยังมีปัญหาในการแสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุล ก็คือนักเรียนส่วนใหญ่วาดตัวแทนความคิดจากการดูแอนิเมชันเลย นักเรียนไม่ได้คิดก่อนแต่ดูคำตอบเลย พอมาในขั้นอธิบาย นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองน้อยมาก ครูเลยเป็นคนลงข้อสรุป เมื่อวิเคราะห์ใบกิจกรรม พบว่านักเรียนแสดงตัวแทนความคิดและเขียนสมการเคมีไม่ถูกต้อง อาจต้องปรับกิจกรรมการแสดงตัวแทนความคิดและเขียนสมการเคมี อีกอย่างที่ได้สังเกตเห็นคือเหมือนครูจะใช้คำถามว่าใช่หรือไม่ใช่ และนักเรียนก็ไม่ค่อยตอบคำถาม ตรงนี้คงต้องมาช่วยกันดูคำถามใหม่ค่ะ

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูอารีย์สะท้อนถึงปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจและค้นหาที่ให้ผู้เรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวและแสดงตัวแทนความคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีลงในใบกิจกรรม โดยที่ผู้เรียนไม่ได้คิด รวมทั้งผู้เรียนไม่สามารถเขียนสมการเคมีได้ ดังภาพ 35



ภาพ 35 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่าผู้เรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเข้าใจว่าการเกิดปฏิกิริยาเคมีคือการนำเอาสารตั้งต้นคือโลหะแมกนีเซียม (Mg) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl) มารวมกัน ผลลัพธ์จึงได้เป็น MgHCl ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เมื่อโลหะแมกนีเซียม (Mg) ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl₂) และแก๊สไฮโดรเจน (H₂) และแสดงเป็นสมการเคมี คือ



ดังนั้นจากการตรวจสอบใบกิจกรรมจึงสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ในการปรับปรุงบทเรียนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีครูวิณาได้นำผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนและใบกิจกรรมของผู้เรียนมาวิเคราะห์ ซึ่งพบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการแสดงตัวแทนความคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุล ครูอารีย์จึงได้นำบทความวิจัยที่ได้ทำการศึกษาตอนเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการมาเสนอกับครูวิณา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลจากงานวิจัย “ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างโมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย” รวมทั้งการปรับ

บทบาทผู้สอนให้สอดคล้องกับบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามการปรับปรุงบทเรียนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

...ครูวิณา: พี่ว่าเราต้องหาวิธีปรับตรงที่ให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิด

ครูอารีย์: หนูเสนอแนวทางตามงานวิจัยที่หนูได้ศึกษาตอนเวิร์กชอปค่ะ โดยใช้ออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี คือ ให้นักเรียนลองวาดตัวแทนความคิดที่ตัวเองคิดออกมาก่อน แล้วเอาไปเปรียบเทียบกับของเพื่อน จากนั้นจึงศึกษาภาพเคลื่อนไหวแล้วเอามาเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของตัวเอง แล้วทำการปรับปรุงตัวแทนความคิดค่ะ

ครูอารีย์: หนูคิดว่าเราน่าจะเน้นให้เด็กเห็นแนวคิดตอนที่ใช้โปรแกรม PhET นะคะ อาจจะต้องใช้คำถามกระตุ้นเด็กเยอะ ๆ เช่น ให้สังเกตจำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิดของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 6 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนาม จะเห็นได้ว่าครูใช้แนวทางจากงานวิจัยในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิด ซึ่งในการปฏิบัติการสอนที่ผ่านมาครูให้ผู้เรียนศึกษาจากภาพเคลื่อนไหวและวาดภาพลงในใบกิจกรรมส่งผลให้ผู้เรียนขาดทักษะการสร้างตัวแทนความคิด เมื่อวิเคราะห์ใบกิจกรรม พบว่า ผู้เรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการแสดงแบบจำลองในระดับโมเลกุลและการเขียนสมการเคมี จึงได้ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนลองวาดภาพตัวแทนความคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีของตนเองแล้วจึงนำไปเปรียบเทียบกับของเพื่อนเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดถึงความเหมือนและความแตกต่างจากนั้นผู้เรียนจึงศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลจากภาพเคลื่อนไหวพร้อมทั้งปรับปรุงตัวแทนความคิดของตนเองรวมทั้งการใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้เห็นความสมดุลของอะตอมของธาตุระหว่างสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในการดุลสมการเคมี สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีความเข้าใจในวิธีสอนที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา

ในการปรับปรุงบทเรียนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครูวิณาได้ศึกษางานวิจัยเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุลของผู้เรียน ซึ่งทำให้ครูวิณาได้เรียนรู้ว่าในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เนื้อหามีความเป็นนามธรรมและมีความซับซ้อน โดยเฉพาะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสารและการเปลี่ยนแปลง ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิด 3 ระดับ ได้แก่ ตัวแทนความคิดระดับมหภาค เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุล และตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ เป็นการอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้สัญลักษณ์

เช่น สูตรโมเลกุล สมการเคมี ถ้าหากผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิด 3 ระดับนี้ได้จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึก ดังนั้นในการออกแบบบทเรียนในเนื้อหาต่อไปครูวิชาจึงแสดงความคิดเห็นว่าควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ดังนั้นจากการสะท้อนบทเรียนและปรับปรุงบทเรียนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้ครูวิชาเห็นข้อบกพร่องของตนเองและรับรู้ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียน เมื่อได้สะท้อนบทเรียนร่วมกันจึงได้แนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในการสะท้อนและประเมินบทเรียนเรื่องกฎทรงมวล ครูวิชาสะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเอง โดยสะท้อนว่าตนเองสามารถบูรณาการระหว่างเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีได้สอดคล้องกัน แต่นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ รวมทั้งนักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังตัวอย่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...คิดว่าใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ เพราะก็ได้ปรับวิธีสอนให้มีความสอดคล้องเนื้อหามากขึ้น กิจกรรมสำคัญในชั้นสำรวจ นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อสังเกตการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชั่งมวลของสารก่อนและหลังทำปฏิกิริยา กิจกรรมนี้นักเรียนจะแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค จากนั้นนักเรียนจะแสดงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคโดยวาดภาพปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและแสดงถึงกฎทรงมวลในระดับโมเลกุลแล้วนำไปเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของเพื่อน จากนั้นจึงไปศึกษาแอนิเมชันในระดับโมเลกุลและตรวจสอบสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker แล้วจึงปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ ในขั้นอธิบายนักเรียนได้ออกมานำเสนอผลการทดลอง อภิปรายจนได้ข้อสรุป แต่เมื่อให้นักเรียนแสดงเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายความเชื่อมโยงได้ อาจจะต้องลองใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ พอให้นักเรียนทำใบกิจกรรม ก็พบว่านักเรียนยังประยุกต์ความรู้ไม่ได้ ค่ะ คงต้องลองอภิปรายถึงสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพการนำแนวคิดไปใช้แก้ปัญหา อ่าค่ะ ส่วนปัญหาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี ช่วงเช้าเว็บ ACS ที่จะศึกษาตัวแอนิเมชันมันจะช้าหน่อย เน็ตไม่ค่อยดีเท่าไรค่ะ

(ครูวิชา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างการสะท้อนการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวิณา พบว่า ครูวิณาสะท้อนว่าตนเองใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน โดยนักเรียนได้ทำการสืบเสาะจากการปฏิบัติทดลองเรื่องกฎทรงมวลและแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับมหภาค นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ แต่นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้และยังไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ครูวิณาจึงได้นำปัญหาที่พบนี้มาร่วมสะท้อนและหาแนวทางปรับปรุงกับครูอารีย์ในขั้นตอนการสะท้อนและปรับปรุงบทเรียน ซึ่งครูวิณาแสดงความคิดว่าต้องปรับกิจกรรมในชั้นสรุปโดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ และใช้สถานการณ์ที่กำหนดมาให้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลองอภิปรายถึงแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เรื่องกฎทรงมวล

เมื่อครูอารีย์ได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวิณา ครูอารีย์สะท้อนว่าครูวิณาใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน แต่ผู้เรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับและไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์

...การสอนของครูวิณามีความสอดคล้องกับเนื้อหามากขึ้นค่ะ พอได้เอาวิธีการสร้างมโนภาพทางเคมีมาใช้กับรูปแบบ 5E มองแล้วคิดว่าทำให้นักเรียนเข้าใจปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลมากขึ้น คือตัวขั้นตอนถูกออกแบบมาให้ให้นักเรียนลองใช้ความรู้เดิมของตัวเองมาแสดงตัวแทนความคิด แล้วลองเอามาเปรียบเทียบกับเพื่อน สุดท้ายคือเอามาเทียบกับตัวแอนิเมชันที่เป็นตัวแทนความคิดระดับจุลภาคในเว็บ ACS รวมถึงตรวจสอบสมการเคมีจากแอป Beaker ที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์นักเรียนก็จะเข้าใจว่าลักษณะสำคัญมันเป็นแบบนี้ ส่วนตอนนำเสนอผลการทดลอง และการอภิปรายครั้งนี้ ครูวิณาใช้คำถามจนนักเรียนช่วยกันสร้างคำอธิบายเรื่องกฎทรงมวลได้ค่ะ แต่นักเรียนเหมือนยังไม่เห็นความสัมพันธ์ว่าตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ จุดนี้อาจจะต้องแก้ไขโดยใช้คำถามว่าปรากฏการณ์นี้เราสามารถอธิบายหรือสื่อสารโดยใช้วิธีไหนได้บ้างอ่าค่ะ แล้วก็ตรงใบกิจกรรมนักเรียนยังเอาความรู้เรื่องกฎทรงมวลมาใช้คำนวณแก้โจทย์ไม่ได้ วิธีแก้ อาจต้องพานักเรียนวิเคราะห์โจทย์ก่อน เช่น ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถเห็นความเชื่อมโยงกับแนวคิดกฎทรงมวลให้ได้ค่ะ

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูอารีย์สะท้อนถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกิจกรรมชั้นอธิบาย ซึ่งผู้เรียนยังไม่สามารถอธิบายกฎทรงมวลโดยเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ รวมทั้งผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังภาพ 36

นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการทดลองเรื่องกฎทรงมวลที่สังเกตได้ ปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลและสื่อสารด้วยสมการเคมีได้อย่างไร

$$\text{HCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

เพื่อหาว่าไฮโดรคลอริกและแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใส่ในภาชนะ แก๊ส CO_2 มีเท่าไร
ลูกโป่งพอง

ภาพ 36 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องกฎทรงมวล

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่าผู้เรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในการแสดงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคในเรื่องกฎทรงมวล ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและกรดไฮโดรคลอริก แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับในการอธิบายกฎทรงมวลได้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณากิจกรรมในชั้นขยายความรู้ ครูวิณาให้นักเรียนทำใบกิจกรรมเรื่องกฎทรงมวล จากการพิจารณาใบกิจกรรม พบว่า ผู้เรียนบางส่วนไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังภาพ 37

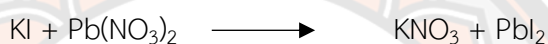
6. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดต์ 1.56 กรัม ทำปฏิกิริยากับเลด (II) ไนเตรต 1.66 กรัม ได้เป็นโพแทสเซียมไนเตรต และเลด (II) ไอโอไดต์ ถ้ามีโพแทสเซียมไนเตรตเกิดขึ้น 2.4 กรัม อยากทราบว่า มีเลด (II) ไอโอไดต์เกิดขึ้นกี่กรัม

$$\begin{aligned} \text{เลด(II)ไอโอไดต์} &= 1.56 + 1.66 + 2.4 \text{ กรัม} \\ &= 5.62 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ภาพ 37 ไบกิจกรมเรื่องกฎทรงมวล

จากภาพไบกิจกรมแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้นำแนวคิดเรื่องกฎทรงมวลมาใช้ในการอธิบายสถานการณ์

จากแนวคิดเรื่องกฎทรงมวล ซึ่งนักเรียนต้องเขียนสมการเคมีเพื่อแสดงปฏิกิริยาเคมี ดังนี้



จากนิยามของกฎทรงมวลคือมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาเท่ากับหลังทำปฏิกิริยา ดังนั้นมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยา คือ $\text{KI} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ เท่ากับ 1.56 + 1.66 กรัม มีค่าเท่ากับ 3.22 กรัม ดังนั้นผลของสารหลังทำปฏิกิริยา คือ $\text{KNO}_3 + \text{PbI}_2$ ซึ่งกำหนด มวลของ KNO_3 มาให้เท่ากับ 2.4 กรัม ดังนั้นมวลของ PbI_2 จึงเท่ากับ 3.22 - 2.4 ซึ่งเท่ากับ 0.82 กรัม จากตั้งอย่างดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่าวิธีการจัดการเรียนการสอนยังไม่สามารถทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ นำความรู้เรื่องกฎทรงมวลไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

ในการปรับปรุงบทเรียนเรื่องกฎทรงมวลครูวิณานำผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนและไบกิจกรมของผู้เรียนมาวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า ผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ ครูวิณาจึงเสนอความคิดว่า เมื่อผู้เรียนร่วมสร้างคำอธิบายแล้ว ควรใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ รวมถึงในชั้นขยายความรู้อาจจะยกสถานการณ์ขึ้นมา 1 สถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเรื่องกฎทรงมวลกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ตั้งตัวอย่างบัณฑิตภาคสนามการสนทนาระหว่างครูวิณาและครูอารีย์ในการปรับปรุงบทเรียนเรื่องกฎทรงมวล

...ครูวิณา: ตรงที่นักเรียนเชื่อมโยงตัวแทนความคิด 3 ระดับไม่ได้ พี่เสนอว่าหลังจากที่นักเรียนลงข้อสรุปจากกิจกรรมการทดลองแล้ว เราควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิดเชื่อมโยง เช่น เพราะเหตุใดมวลของสารก่อนและหลังทำปฏิกิริยาเคมีจึงเท่ากัน สามารถอธิบายโดยใช้สัญลักษณ์สื่อสารได้หรือไม่ อย่างไร ประมาณนี้

ครูอารีย์: โอเคค่ะ เหมือนนักเรียนจะได้เห็นว่าจากการทดลองเราเห็นการเปลี่ยนแปลง เรารู้ว่ามวลของสารก่อนและหลังทำปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน แต่ต้องใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคมาแสดงให้เห็นว่าไม่มีอะตอมใดหายไป ใช่ไหมคะ

ครูอารีย์: ส่วนตรงใบกิจกรรมที่นักเรียนทำโจทย์ไม่ได้ หนูว่าเราลองยกสถานการณ์ตัวอย่างให้นักเรียนเห็นแนวทางก่อนดีไหมคะ แต่เราจะไม่ได้ออกแนวทางแก้ปัญหา แต่ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด เช่น ถ้าสารตั้งต้นมีมวลรวม 2 กรัม นักเรียนคิดว่ามวลรวมของผลิตภัณฑ์เป็นเท่าใด เพราะอะไรจึงเป็นเช่นนั้น แล้วก็ให้แต่ละกลุ่มเสนอแนวทางแก้ปัญหาร่วมกัน ก่อนที่จะให้นักเรียนทำใบกิจกรรมอ่าค่ะ

(ครูวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 13 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างบันทึกภาคสนามการสนทนาในการปรับปรุงบทเรียนเรื่องกฎทรงมวลระหว่างครูวีณา และครูอารีย์ จะเห็นได้ว่าครูตระหนักถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงตัวแทนความคิด 3 ระดับ โดยใช้คำถามกระตุ้นการคิดเชื่อมโยง รวมทั้งในชั้นขยายความรู้ ครูร่วมกันออกแบบให้ยกสถานการณ์ขึ้นมาแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเรื่องกฎทรงมวลเพื่อให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาแบบรวมพลัง สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีการพัฒนาวิธีสอนให้มีความจำเพาะกับเนื้อหา

ดังนั้นจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ การปฏิบัติการสอน การสะท้อนการปฏิบัติการสอนเรื่องกฎทรงมวลและแบบบันทึกภาคสนาม พบว่า ครูวีณาสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับวิธีสอน แสดงให้เห็นว่าครูวีณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ในการสะท้อนและประเมินบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนในปฏิกิริยาเคมี ครูวีณาสะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเอง โดยสะท้อนว่าตนเองบูรณาการเทคโนโลยีกับเนื้อหาและวิธีสอนได้สอดคล้องกันและนักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนตนเองของครูวีณา

...ก็มองว่าตัวเองว่าใช้เทคโนโลยีได้เหมาะกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ เมื่อนักเรียนทดลองเสร็จแล้ว ก็จะทำให้แสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคว่าสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างไร พร้อมทั้งเขียนสมการเคมี จากนั้นนักเรียนก็จะศึกษาแอนิเมชันในระดับโมเลกุลเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker ในชั้นอธิบายนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทดลอง แล้วอภิปรายผลการทดลองพร้อมทั้งอธิบายเชื่อมโยง

ตัวแทนความคิด 3 ระดับ จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปฏิกิริยาดูดความร้อนและคายความร้อน อาจต้องปรับชั้นขยายความรู้โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อระบบและสิ่งแวดล้อม

(ครูวิณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวิณา จะเห็นได้ว่าครูวิณาใช้เทคโนโลยีได้เหมาะกับเนื้อหาและวิธีสอน นักเรียนได้ทำการสืบเสาะจากการปฏิบัติการทดลองเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และแสดงตัวแทนความคิดในระดับมหภาค รวมทั้งใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ ทั้งนี้ นักเรียนสามารถนำเสนอผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง และลงข้อสรุปได้ แต่นักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปฏิกิริยาคายความร้อนจึงไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ครูวิณาจึงได้นำปัญหาที่พบบาร่วมสะท้อนและหาแนวทางปรับปรุงกับครูอารีย์ในขั้นตอนการสะท้อนและปรับปรุงบทเรียน ซึ่งครูวิณาแสดงความคิดว่าต้องปรับกิจกรรมในชั้นขยายความรู้โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อระบบและสิ่งแวดล้อม

เมื่อครูอารีย์ได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวิณา ครูอารีย์สะท้อนว่าการสอนโดยใช้เทคโนโลยีของครูวิณามีความสอดคล้องระหว่าง เนื้อหา วิธีสอนและเทคโนโลยี แต่นักเรียนยังนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้น้อย ดังตัวอย่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...ครูวิณาใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ นักเรียนได้ตรวจสอบตัวแทนความคิดของตัวเองจากการแอนิเมชันระดับโมเลกุลและใช้แอป Beaker ตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมี ซึ่งนักเรียนใช้ได้คล่องมาก และส่วนใหญ่ นักเรียนสามารถแสดงตัวแทนความคิดได้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ แต่ก็ยังมีนักเรียนที่ใช้ความรู้มาใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดเป็นจำนวนน้อยค่ะ

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการถ่ายโอนความร้อนในปฏิกิริยาเคมีที่สังเกตได้ ปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลและสื่อสารด้วยสมการเคมีได้อย่างไร

เพื่อแสดงผลของปฏิกิริยาเคมีกับสิ่งแวดล้อมได้ เราจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณของความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี เช่น กรดอะซิติก + โซเดียมไฮดรอกไซด์ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

ภาพ 38 ใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

จากใบกิจกรรมจะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายผลการทดลอง ซึ่งพบว่าเมื่อนำสารละลายกรดอะซิติกมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เมื่อวัดอุณหภูมิปรากฏว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นซึ่งเป็นตัวแทนความคิดระดับมหภาค โดยให้เหตุผลสิ่งที่สังเกตได้จากตัวแทนความคิดระดับจุลภาคที่แสดงการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมีระบบจึงคายความร้อนออกมาสู่สิ่งแวดล้อมและแสดงสมการเคมี คือ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

...แต่เมื่อตรวจใบกิจกรรมในข้อต่อไป พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในปฏิกิริยาคายความร้อน คือนักเรียนเข้าใจว่าอุณหภูมิลดลงคือการคายความร้อนออกมา อาจเกิดจากนักเรียนสับสนปฏิกิริยาคูดความร้อนและคายความร้อนโดยไม่เชื่อมโยงกับผลการทดลอง ในขั้นขยายความรู้จะต้องยกสถานการณ์เกี่ยวกับปฏิกิริยาคูดความร้อน

ในการปรับปรุงบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีครูวิณาและครูอารีย์ได้นำผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนและใบกิจกรรมของผู้เรียนมาวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า ผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีในสถานการณ์ใหม่ ครูวิณาจึงเสนอความคิดว่า ควรให้ผู้เรียนได้อภิปรายถึงรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและประโยชน์ของปฏิกิริยาคูดความร้อนและปฏิกิริยาคายความร้อนในชีวิตประจำวัน และครูอารีย์ได้เสนอความคิดในการแก้ไขปัญหาการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ของผู้เรียน โดยในชั้นขยายความรู้ว่าจะยกสถานการณ์ขึ้นมา 1 สถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้จะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามการสนทนาระหว่างครูวิณาและครูอารีย์ในการปรับปรุงบทเรียน

...ครูวิณา: ใบกิจกรรมข้อบ่มผลไม้ พี่ว่านักเรียนสับสนว่าปฏิกิริยาคูดความร้อนคายความร้อนอุณหภูมิจะลดหรือเพิ่ม นักเรียนไม่ได้เอาสิ่งที่ได้จากการอภิปรายผลมาใช้เลย จุดนี้พี่ว่าควรให้นักเรียนได้อภิปรายถึงรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เช่น การแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรูปแบบรายงานผลการวัดอุณหภูมิ การใช้มือสัมผัสแล้วรู้สึกร้อน - เย็น แล้วก็ประโยชน์ของปฏิกิริยาคูดความร้อนและปฏิกิริยาคายความร้อนในชีวิตประจำวัน

ครูอารีย์: ถ้าเราไปบอกรูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเหมือนจะเป็นการให้นักเรียนจำเป็นแพทเทิลไปไหมคะ อาจจะกลายเป็นว่านักเรียนนำความรู้ ความจำไปใช้ ถ้าเราลองยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อนในปฏิกิริยาเคมีมา 1 ตัวอย่างแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อระบบและสิ่งแวดล้อมอย่างไร

(ครูวิณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามการสนทนาในการปรับปรุงบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีระหว่างครูวิณาและครูอารีย์ จะเห็นได้ว่าครูตระหนักถึงความสำคัญของการประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยใช้การยกตัวอย่างสถานการณ์แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อระบบและสิ่งแวดล้อมอย่างไร ก่อนที่จะทำใบกิจกรรม สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาวิธีสอนให้มีความจำเพาะกับเนื้อหาที่สอนจากการวิเคราะห์แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

ดังนั้นจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบการสะท้อนการปฏิบัติการสอน และแบบบันทึกภาคสนาม พบว่า ครูวิชาสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้ สอดคล้องกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน แสดงให้เห็นว่าครูวิชามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง

ในการสะท้อนและประเมินบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูวิชาสะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเอง โดยสะท้อนว่าใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน นักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ และนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนตนเองของครูวิชา

...ครั้งนี้ก็มองว่าใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ นักเรียนจะได้ ทดลองปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ เค้าจะเห็นเลยว่าในโลหะ 3 ชนิด เนี่ย ตัวไหนทำปฏิกิริยาได้ดีในกรดและเบส จากนั้นนักเรียนก็จะได้แสดงตัวแทนความคิด ระดับโมเลกุลและเขียนสมการเคมี รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องจากแอนิเมชันและแอป Beaker ดังนั้นนักเรียนจะเห็นความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ ในชั้นอธิบาย นักเรียนจะนำเสนอผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง และลงข้อสรุปโดยอธิบาย ความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิด 3 ระดับ ส่วนในชั้นขยายความรู้ก็ยกสถานการณ์มาและ ให้แต่ละกลุ่มตอบคำถามโดยให้เหตุผลสนับสนุน เห็นได้ชัดเจนว่าพอใช้กิจกรรมนี้นักเรียน สามารถนำความรู้จากการทดลองมาใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้ แต่ก็ยังพบว่านักเรียนยังมี แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ เมื่อให้นักเรียนตอบคำถาม สถานการณ์ต่อมา อาจจะมาจากการที่นักเรียนยังสับสนกรดแก่ เบสแก่ วิธีแก้ปัญหานี้ ในช่วงอภิปรายผลการทดลองอาจจะต้องใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเห็นความแตกต่าง ถึงความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาที่เป็นผลมาจากความแรงของกรดค่ะ

(ครูวิชา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวิชา พบว่า ครูวิชาสะท้อนว่าตนเอง ใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน โดยนักเรียนได้ทำการสืบเสาะจากการปฏิบัติการ ทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะเพื่อแสดงตัวแทนความคิดในระดับ มหภาค จากนั้นได้ใช้แอนิเมชันและแอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ รวมทั้งนักเรียนได้นำเสนอผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง และลงข้อสรุป ในสถานการณ์พื้นฐานที่ครูกำหนด นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ แต่เมื่อสถานการณ์มีความ ซับซ้อน พบว่า นักเรียนยังมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ ครูวิชาจึงได้นำปัญหาที่พบนี้มาร่วม

สะท้อนและหาแนวทางปรับปรุงกับครูอารีย์ในขั้นตอนการสะท้อนและปรับปรุงบทเรียน ซึ่งครูวีณา แสดงความคิดเห็นว่าต้องปรับกิจกรรมในชั้นอธิบายในช่วงการอภิปรายผลการทดลอง ควรใช้คำถาม กระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาที่เป็นผลมาจากความแรงของเบส

เมื่อครูอารีย์ได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวีณา ครูอารีย์สะท้อนว่าใช้เทคโนโลยี ได้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน แต่ยังพบว่าผู้เรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง การสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์

...ครูวีณาใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ นักเรียนได้ศึกษา ลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและ เบสกับโลหะ จากแอนิเมชันในและตรวจสอบสมการเคมีจากแอป Beaker นักเรียนใช้ เทคโนโลยีได้คล่องแคล่วมากนักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงตัวแทนความคิดได้สอดคล้อง กับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทน ความคิดทั้ง 3 ระดับได้ค่ะ

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการทดลองปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับ โลหะที่สังเกตได้ ปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลและสื่อสารด้วยสมการเคมีได้อย่างไร

เมื่อปฏิกิริยาเกิดกันแล้วเกิดแก๊สไฮโดรคลอริก เพราะว่า เกิดฟองแก๊สที่สังกะสีกับ HCl...
 ...และแก๊สไฮโดรคลอริก...
 ...

$$\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$$

ภาพ 40 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

จากใบกิจกรรมจะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายผลการทดลองได้ โดยพบว่าเมื่อจุ่มโลหะสังกะสีลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกปรากฏเกิดฟองแก๊สไฮโดรเจนทันทีและมีปริมาณมาก โดยให้เหตุผลสิ่งที่สังเกตได้จากตัวแทนความคิดระดับจุลภาคที่แสดงการจัดเรียงตัวใหม่อะตอมและแสดงสมการเคมี คือ $Zn + HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$

เมื่อครูใช้สถานการณ์เกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถตอบประเด็นคำถามโดยใช้เหตุผลสนับสนุนได้ถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังภาพ 41

ในตลาดมีร้านก๋วยเตี๋ยวเรือ 2 ร้าน ร้านที่ 1 นำถ้วยแก้วมาใส่น้ำส้มสายชูกับร้านที่ 2 นำถ้วยอะลูมิเนียมมาใส่น้ำส้มสายชู หากนักเรียนรับประทานก๋วยเตี๋ยวและชอบปรุงรสด้วยน้ำส้มสายชู นักเรียนจะเลือกรับประทานที่ร้านใด เพราะเหตุใด

.....เลือกร้านที่ 1 เพราะร้านที่ 2 ใช้ถ้วยอะลูมิเนียมใส่น้ำส้มสายชู.....
ใช้ถ้วยอะลูมิเนียมใส่น้ำส้มสายชู.....
ใช้ถ้วยอะลูมิเนียมใส่น้ำส้มสายชู.....
ใช้ถ้วยอะลูมิเนียมใส่น้ำส้มสายชู.....
ใช้ถ้วยอะลูมิเนียมใส่น้ำส้มสายชู.....

ภาพ 41 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

จากตัวอย่างใบกิจกรรมจะเห็นได้ว่าผู้เรียนสามารถนำความรู้ในเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ โดยผู้เรียนตระหนักถึงผลกระทบต่อการใช้ภาชนะที่เป็นโลหะบรรจุสารที่มีสมบัติเป็นกรดเนื่องจากกรดจะทำการกัดกร่อนโลหะ หากรับประทานสารปนเปื้อนโลหะเข้าไปจะก่อให้เกิดอันตรายกับร่างกาย สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เนื่องจากน้ำส้มสายชูคือสารละลายกรดแอซิดิก มีสมบัติเป็นกรด จึงสามารถกัดกร่อนอะลูมิเนียมซึ่งเป็นโลหะได้ หากรับประทานสารที่มีโลหะอะลูมิเนียมปนเปื้อนจะส่งผลเสียต่อร่างกายทำให้เกิดความเป็นพิษต่ออวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ปอด กระดูก ระบบประสาท เป็นต้น

...เมื่อตรวจใบกิจกรรมในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ตระหนักถึงความแรงของเบสเมื่อทำ

ปฏิกิริยากับโลหะแต่ละชนิด น่าจะต้องปรับในชั้นอธิบาย ที่ให้นักเรียนอภิปรายผลการทดลอง ควรเพิ่มประเด็นความแรงของกรด-เบส เข้าไปด้วย”

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 20 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูอารีย์พบปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นขยายความรู้ ซึ่งผู้เรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ ดังภาพ 42

ถ้าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟล้างท่อที่ทำจากโลหะ เนื่องจากท่ออุดตัน นักเรียนคิดว่าเหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

..... *เหมาะสม เพราะโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปกัดส่วที่อุดตันแล้วท่อหลัก*

..... *ก็ให้ท่อส่วหลักใช้ไม่ได้ปกติ*

.....

ภาพ 42 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

จากภาพใบกิจกรรมแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนตีความสถานการณ์ว่าท่อทำจากเหล็กจึงเลือกตอบว่าเหมาะสม จากผลการทดลองตะปูเหล็กไม่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่จากสถานการณ์ที่กำหนดไม่ได้ระบุชนิดของโลหะ ถ้าหากท่อดังกล่าวทำจากโลหะที่เกิดปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ก็จะไม่เหมาะสม เช่น ท่อที่ทำจากโลหะอะลูมิเนียม เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นกรดแก่สามารถกัดกร่อนอะลูมิเนียมทำให้เกิดความเสียหาย แต่ถ้าหากเป็นท่อที่ทำจากโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ เช่น เหล็กหรือทองแดง ก็สามารถใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ล้างท่อได้ จากตัวอย่างดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์

ในการปรับปรุงบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูวีณาและครูอารีย์ได้นำผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนและใบกิจกรรมของผู้เรียนมาวิเคราะห์ ซึ่งพบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแรงของกรด-เบสในการทำปฏิกิริยากับโลหะ ครูวีณาจึงเสนอความคิดว่าควรปรับกิจกรรมในชั้นอธิบายในช่วงการอภิปรายผลการทดลอง ควรใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาที่เป็นผลมาจากความแรงของเบส และครูอารีย์ได้เสนอความคิดในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยปรับในชั้นอธิบายเมื่อนักเรียนอภิปรายผลการทดลอง ควรเพิ่มประเด็นความแรงของกรด-เบส เข้าไป ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามการสนทนา

...ครูวีณา: โจทย์ข้อที่เป็นท่อ นักเรียนเหมือนจะลืมนึกถึงปฏิกิริยาระหว่าง อะลูมิเนียมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดปฏิกิริยาเร็วมาก พี่เสนอว่าช่วงอภิปรายผลการทดลองเราอาจจะต้องใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดว่าเมื่อเกิดฟองแก๊สที่มันแสดงให้เห็นอะไรได้บ้าง เช่น เกิดความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา แล้วก็ใช้คำถามต่อว่า แล้วผลที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบอะไรได้บ้าง

ครูอารีย์: หนูเห็นด้วยค่ะ ด้วยความที่มีโลหะ 3 ชนิด นักเรียนอาจจะสับสนเกี่ยวกับผลการทดลอง หนูเสนอเพิ่มเติมว่า ตรงการอภิปรายผลการทดลอง ควรกระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอการเปรียบเทียบว่า ถ้าเอาโลหะมาทำปฏิกิริยากับกรด โลหะชนิดไหนทำปฏิกิริยาดีที่สุดก็เปรียบเทียบกันออกมา แล้วถ้าโลหะทำปฏิกิริยากับเบส โลหะชนิดไหนทำปฏิกิริยาดีที่สุดก็เปรียบเทียบกัน นักเรียนจะให้เห็นแนวโน้มจากผลการทดลอง เวลาเห็นโจทย์จะได้เชื่อมโยงได้อย่างรอบคอบค่ะ

(ครูวีณา, แบบบันทึกภาคสนาม, 27 ธันวาคม 2563)

จากตัวอย่างแบบภาคบันทึกสนาม จะเห็นได้ว่าครูตระหนักถึงความสำคัญของการประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยเพิ่มความละเอียดในการอภิปรายผลการทดลองโดยใช้คำถามกระตุ้นและการนำเสนอข้อมูลโดยการเปรียบเทียบความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแต่ละชนิดกับกรดและเบส สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีการพัฒนาวิธีสอนให้มีความจำเพาะกับเนื้อหา

ดังนั้นจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน แบบการสะท้อนการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม พบว่า ครูวีณาสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้สอดคล้องกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน แสดงให้เห็นว่าครูวีณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

จากการพัฒนาบทเรียนร่วมกันระหว่างครูวีณาและครูอารีย์ โดยครูวีณาเป็นผู้ปฏิบัติการสอนทั้งหมด 4 ครั้ง ได้แก่ เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ แสดงให้เห็นว่าการสะท้อนบทเรียนและการปรับปรุงบทเรียนช่วยให้ครูปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนมากขึ้น ส่งผลให้ครูวีณาจึงมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

7. หลังจากการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาโดยไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องปฏิบัติการเคมี

เมื่อเสร็จสิ้นการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเรื่องปฏิบัติการเคมี ผู้วิจัยได้วัดความรู้ในเนื้อหาหลังจากที่ครูได้เข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพโดยใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมี ผลการวิเคราะห์แบบวัดความรู้ในเนื้อหา พบว่า ครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น ผู้วิจัยขอเสนอเป็นรายกรณีดังนี้

เมื่อใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมีจำนวน 10 ข้อ พบว่า ครูวิณามีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) จำนวน 9 ข้อ มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) จำนวน 1 ข้อ และไม่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

...การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดจากการที่สารตั้งต้นจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารใหม่ที่ต่างไปจากสารเดิม ดังนั้นการเปลี่ยนสถานะ สี และมวล จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ยังเป็นสารเดิมอยู่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น จึงไม่ใช้การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

(ครูวิณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูวิณาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารใหม่

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นและจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งชนิดของอะตอมและจำนวนของอะตอมยังเหมือนเดิม ไม่เปลี่ยนแปลง

(ครูวิณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูวิณาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีอะตอมแต่ละชนิดก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมีมีจำนวนเท่ากัน โดยอะตอมไม่สูญหายหรือเกิดขึ้นใหม่แต่มีการจัดเรียงตัวใหม่

...สมการเคมีที่ประกอบด้วย 3N_2 หมายความว่าแก๊สไนโตรเจนอยู่ 3 โมเลกุล สามารถแสดงได้เป็น $\text{N}_2 \text{N}_2 \text{N}_2$

(ครูวิณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวิณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ สมบูรณ์ ในกรณี 3N_2 แสดงให้เห็นว่าประกอบด้วยโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจน (N_2) จำนวน 3 โมเลกุล จึงสามารถแสดงได้เป็น $\text{N}_2 \text{N}_2 \text{N}_2$ จึงจะสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

...ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลไม่ใช่จำนวนที่ใช้ในการดุลสมการเคมี แต่เป็นตัวเลขที่ แสดงการรวมตัวของอะตอมในของสารแต่ละโมเลกุล ส่วนตัวเลขที่ใช้ดุลสมการเคมีคือเลข สัมประสิทธิ์ที่อยู่ข้างหน้าโมเลกุลของสารซึ่งต้องทำให้อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในสารตั้ง ต้นมีจำนวนเท่ากับอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในผลิตภัณฑ์

(ครูวิณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูวิณาจะเห็นได้ว่าครูวิณาอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ กล่าวคือ ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลเป็นตัวเลขที่แสดงการรวมตัวของอะตอมในของ สารแต่ละโมเลกุล ส่วนการดุลสมการเคมีคือการเพิ่มเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเพื่อให้จำนวน อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในสารตั้งต้นมีจำนวนเท่ากับในสารผลิตภัณฑ์

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลของสารตั้งต้นจะเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์ โยที่ไม่มีอะตอมใดหายไป

(ครูวิณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูวิณาจะเห็นได้ว่าครูวิณาอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ คือ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลของสารตั้งต้นจะเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะทำการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์โดยที่ไม่มีอะตอมใดสูญหายไป หรือเกิดขึ้นใหม่จึงส่งผลให้มวลของสารตั้งต้นเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์

...ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา(ผลิตภัณฑ์) จะเท่ากับมวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยา(สารตั้งต้น) เนื่องจากจะไม่มีอะตอมใดของสารตั้งต้นสูญหาย

(ครูวีณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูวีณาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูวีณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะทำการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์โดยที่ไม่มีอะตอมใดสูญหายไปหรือเกิดขึ้นใหม่

...ปฏิกิริยาการเผาไหม้จะใช้ความร้อนในการเริ่มต้นปฏิกิริยาเท่านั้น เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นแล้วจะไม่ต้องใช้ความร้อนอีกต่อไป แต่ระบบจะคายความร้อนออกมาสู่สิ่งแวดล้อม จึงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

(ครูวีณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวีณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ใช้ความร้อนในการเริ่มต้นปฏิกิริยาเท่านั้น เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นแล้วจะไม่ต้องใช้ความร้อนอีกต่อไป แต่ปฏิกิริยาจะคายพลังงานแสงและความร้อนออกมาดังนั้นการเผาไหม้จึงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

...เมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลง อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ โดยสารเปลี่ยนสถานะ เช่น การหลอมเหลว แต่ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วทำให้มีสารใหม่เกิดขึ้นแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี”

(ครูวีณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวีณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เกี่ยวกับอุณหภูมิและการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมีหรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนสถานะ การละลาย

...การเผาไหม้แบบสมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่
ถ้าเป็นการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ

(ครูวิณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูวิณาจะเห็นได้ว่าครูวิณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
สมบูรณ์ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะตอมของธาตุคาร์บอนและ
ไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของแก๊สออกซิเจนเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์คือแก๊ส
คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งเป็นการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ แต่ถ้าได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊ส
คาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำจะเป็นการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์

ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
บางส่วน

...สารละลายที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสแสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือ
กลางก็ได้

(ครูวิณา, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูวิณาจะเห็นได้ว่าครูวิณาอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิด
วิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ คือ ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส สารละลายที่ได้อาจมีสมบัติ
เป็นกรด กลาง หรือเบส แต่ไม่ได้อธิบายถึงปัจจัยที่ทำให้สารละลายแสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือ
กลาง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกิริยากัน หากกรดแก่ทำปฏิกิริยา
กับเบสอ่อนจะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกรด เบสแก่ทำปฏิกิริยากับเบสอ่อนจะได้สารละลาย
เกลือที่มีสมบัติเป็นเบส และกรดแก่ทำปฏิกิริยากับเบสแก่จะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกลาง

จากผลการวิเคราะห์แบบวัดความรู้ในเนื้อหา พบว่า หลังจากเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนา
วิชาชีพครูวิณามีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์มากกว่าก่อนเข้าร่วมพัฒนา
วิชาชีพ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาตามกรอบแนวคิด

กรณีศึกษาที่ 2 ครูอารีย์

ครูอารีย์อายุ 26 ปี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกชีววิทยา มีประสบการณ์การสอน 4 ปี
ไม่มีวิทยฐานะ สอนรายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนหลากหลาย
แต่ประสบการณ์ในการปฏิบัติการสอนที่ผ่านมามีส่วนใหญ่นำมาใช้เทคโนโลยีในรูปแบบโปรแกรม

PowerPoint และคลิปวิดีโอในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งครูอาร์ยี่มีมุมมองเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์ในฐานะเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการสอนและดึงดูดความสนใจของผู้เรียน รวมทั้งครูอาร์ยี่ยังไม่เคยเข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

1. ครูมีความรู้ในเนื้อหาเรื่องดินและแหล่งน้ำสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

จากการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอาร์ยี่มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

จากการสัมภาษณ์ก่อนที่ครูจะเริ่มปฏิบัติการสอน ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยให้ครูเลือกเนื้อหาวิทยาศาสตร์มา 1 เรื่อง แล้วอธิบายแนวคิดสำคัญ จากการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ พบว่า ครูอาร์ยี่อธิบายแนวคิดเรื่องการเกิดดินสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง

...ดินเกิดมาจาก 2 แหล่งค่ะ คือ จากพวกหินที่ผุพังแล้วก็จากพวกซากพืชซากสัตว์ที่ย่อยสลายแล้วที่เราเรียกว่าฮิวมัสอะคะ ส่วนประกอบของดินจะมี 4 อย่างค่ะ คือ พวกแร่ ธาตุ น้ำ อากาศ แล้วก็พวกอินทรีย์วัตถุที่มาจากซากพืชซากสัตว์อะคะ แล้วดินก็จะแบ่งเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นก็จะมีลักษณะที่ต่างกัน สังเกตง่าย ๆ คือ ดินชั้นบนสุดจะมีสีดำเพราะมีอินทรีย์วัตถุเยอะ ดินชั้นล่าง ๆ ลงไปสีจะค่อย ๆ จางลงคะเพราะว่ามีพวกอินทรีย์วัตถุน้อยลงคะ

(ครูอาร์ยี่, ผู้ให้สัมภาษณ์, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่าครูอาร์ยี่อธิบายแนวคิดเรื่องดินได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากครูอาร์ยี่สามารถอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเกิดดิน องค์ประกอบของดิน การแบ่งชั้นของดินได้อย่างเชื่อมโยงกัน จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอาร์ยี่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องดิน โดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอาร์ยี่ระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ จะเห็นได้จากการเชื่อมโยงแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเกิดดิน องค์ประกอบของดิน และการแบ่งชั้นหน้าดินอย่างสัมพันธ์กัน ตัวอย่างเช่น

...ดินเกิดจากหินที่ผุพังตามธรรมชาติ ผสมคลุกเคล้ากับอินทรีย์วัตถุที่ได้ จากการสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ ดินประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ อินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุ น้ำ และอากาศ โดยชั้นดินในพื้นที่หนึ่ง ๆ มีลักษณะแบ่งออกเป็นชั้น ๆ หนาไปกับผิวหน้าดิน โดยดินแต่ละชั้นมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

เมื่อสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องดินโดยใช้แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่าครูอารีย์อธิบายเนื้อหาเรื่องดินได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกบันทึกภาคสนาม

...ครู: ดินแต่ละชั้นจะมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกัน ดูตามภาพนะคะ ชั้นอินทรีย์วัตถุ หรือชั้น O เป็นชั้นที่มีสีดำ นักเรียนคิดว่าเพราะอะไรดินชั้นนี้ถึงมีสีดำคะ

นักเรียน: น่าจะมีพวกมูลสัตว์ เศษซากพืชต่าง ๆ เยอะครับ

ครู: ใช่แล้วคะ เพราะว่าดินชั้น O นี้ มีการสะสมอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ พวกซากพืชซากสัตว์ เศษใบไม้ กิ่งไม้ ต่าง ๆ ดังนั้นเนื้อดินชั้นนี้จึงเหมาะกับการปลูกพืชมาก เพราะจะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

...การสอนเรื่องดิน ในชั้นสอน ครูอารีย์นำเสนอสาระสำคัญในรูปแบบข้อความประกอบภาพชั้นหน้าตัดของดินจากโปรแกรม PowerPoint พร้อมทั้งอธิบายลักษณะชั้นดินด้วยความเข้าใจ มีการใช้ท่าทางประกอบการอธิบายลักษณะของดินแต่ละชั้นด้วยความมั่นใจ รวมทั้งมีการใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง และนักเรียนบันทึกสาระสำคัญจากสไลด์ลงในใบกิจกรรม

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนามข้างต้น แสดงให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอน โดยเน้นการอธิบายจากรูปภาพ ดังนั้นในการปฏิบัติการสอนเรื่องดินจึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องแหล่งน้ำ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอารย์ระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น

...แหล่งน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ น้ำบนดินเกิดจากน้ำในบรรยากาศกลั่นตัวเป็นน้ำฝนตกลงมาไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ซึ่งการไหลของน้ำทำให้เกิดการกัดเซาะเป็นร่องน้ำ เช่น ลำธาร คลอง แม่น้ำ และน้ำใต้ดินเกิดจากน้ำบนดินซึมลงไปสะสมตัวอยู่ใต้พื้นโลก แบ่งออกเป็นน้ำในดิน และน้ำบาดาล

(ครูอารย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 กุมภาพันธ์ 2563)

เมื่อสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องแหล่งน้ำ โดยใช้แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารย์อธิบายเนื้อหาเรื่องแหล่งน้ำได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ด้วยความเข้าใจ โดยที่ไม่ได้อ่านตามข้อความที่แสดงจากโปรแกรม PowerPoint ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...ครู: จากภาพแหล่งน้ำจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทนะคะ คือ 1) แหล่งน้ำผิวดินเกิดจากฝนที่ตกลงมา ซึ่งไหลจากที่สูงลงที่ต่ำเป็นเวลานานเกิดการกัดเซาะพื้นที่ตรงนั้นเป็นร่องน้ำเป็นพวงลำธาร คลอง และแม่น้ำ 2) แหล่งน้ำใต้ดินก็จะแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือน้ำในดิน และน้ำบาดาลนั่นเองค่ะ

(ครูอารย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 กุมภาพันธ์ 2563)

...การสอนเรื่องแหล่งน้ำ ครูอารย์จะใช้ โปรแกรม PowerPoint ที่มีข้อความและรูปภาพแหล่งการเกิดแหล่งน้ำ โดยใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เชื่อมโยงไปที่แนวคิดเรื่องการเกิดแหล่งน้ำ พร้อมทั้งอธิบายลักษณะของแหล่งน้ำประเภทต่าง ๆ ด้วยความเข้าใจรวมทั้งมีความมั่นใจในการอธิบายเนื้อหา

(ครูอารย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 19 กุมภาพันธ์ 2563)

ดังนั้นจากการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน และแบบบันทึกภาคสนาม สะท้อนเห็นได้ว่าครูอารย์สามารถอธิบายแนวคิดสำคัญในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

2. ครูมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

จากการสัมภาษณ์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งให้ครูบอกวิธีสอนที่รู้จัก และเลือกวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างน้อย 1 วิธีพร้อมทั้งอธิบายวิธีสอนโดยสังเขป พบว่า ครูอารย์รู้จักวิธีสอนที่หลากหลาย ได้แก่ วิธีสอนแบบบรรยาย วิธีสอนแบบสาธิต วิธีสอนแบบทดลอง วิธีสอนแบบอุปนัย-นิรนัย และการใช้รูปแบบ 5E ซึ่งครูอารย์ได้เลือกอธิบายการใช้รูปแบบการสอน 5E พบว่า ครูอารย์มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...วิธีสอนที่รู้จัก ก็เช่น การสอนแบบบรรยาย แบบ 5E แบบแบบสาธิต แบบทดลอง แบบอุปนัย-นิรนัย

(ครูอารย์, ผู้ให้สัมภาษณ์, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

...การสอนแบบ 5E จะมี 5 ขั้น คือ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ ครูใช้คำถามหรือรูปภาพกระตุ้นความสนใจนักเรียน 2) ขั้นสำรวจและค้นหา ครูให้นักเรียนทำการค้นคว้าข้อมูลหรือทดลอง 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ครูจะสรุปองค์ความรู้แก่นักเรียน 4) ขั้นขยายความรู้ ครูจะบรรยายความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียน 5) ขั้นประเมินผล ให้นักเรียนทำแบบทดสอบ

(ครูอารย์, ผู้ให้สัมภาษณ์, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นว่าครูอารย์เข้าใจว่าขั้นอธิบาย ครูจะสรุปองค์ความรู้ให้แก่ผู้เรียน ขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้เรียน และขั้นประเมิน ให้นักเรียนทำแบบทดสอบ ซึ่งไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เนื่องจากในขั้นอธิบาย ผู้เรียนควรสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง ขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ และขั้นประเมินครูอาจใช้การสังเกตหรือพิจารณาหลักฐานที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนรวมทั้งผู้เรียนยังสามารถประเมินตนเองได้ จากหลักฐานดังกล่าวจึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอารย์มีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะที่คลาดเคลื่อน

3. ครูขาดการวิเคราะห์หลักสูตรแต่ตระหนักถึงเนื้อหาในการเลือกวิธีสอนโดยที่ไม่ได้นำมาใช้ในการปฏิบัติการสอน

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 เรื่อง ดิน จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอารีย์เขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัด ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังตัวอย่างการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไปนี้

...ตัวชี้วัด ว 3.2 ม.2/6 อธิบายลักษณะของชั้นหน้าตัดดินและกระบวนการเกิดดิน จาก แบบจำลอง รวมทั้งระบุปัจจัยที่ทำให้ดินมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) อธิบายลักษณะของชั้นหน้าตัดดินและการปรับปรุงคุณภาพของดินได้ (K)
- 2) เปรียบเทียบลักษณะของดินในแต่ละชั้นได้ (K)
- 3) วาดภาพชั้นของหน้าดินได้ (P)
- 4) มีจิตวิทยาศาสตร์ (A)

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้จะเห็นว่าตัวชี้วัดเน้นการอธิบายจากแบบจำลองแต่เมื่อพิจารณาจุดประสงค์การเรียนรู้พบว่า ไม่มีการระบุพฤติกรรมบ่งชี้เกี่ยวกับการอธิบายลักษณะของชั้นหน้าตัดดินและกระบวนการเกิดดินจากแบบจำลอง สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์ขาดการวิเคราะห์หลักสูตรในการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ซึ่งจะส่งผลต่อการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องดินในด้านกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ครูอารีย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ 1) ช้่นนำ ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน 2) ชั้นสอน ครูบรรยายเนื้อหาเรื่องบรรยากาศ และ 3) ชั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญให้แก่ผู้เรียน ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ชั้นนำ ครูแสดงภาพดินตามภูมิภาคต่าง ๆ จากโปรแกรม PowerPoint และใช้คำถามดินเกิดขึ้นได้อย่างไร ถ้ามองลึกลงไปดินมีลักษณะอย่างไร

ชั้นสอน ครูอธิบายความรู้เรื่องการเกิดดินและชั้นของดิน

ชั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญเรื่องดินและให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

ประกอบกับเมื่อวิเคราะห์แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารีย์ใช้วิธีการบรรยายเนื้อหาเรื่องดิน โดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างคำบรรยายในการปฏิบัติการสอน

...นักเรียนจะเห็นว่าดินชั้นนี้จะมีสีคล้ำ ๆ ถัดลงมาจะเป็น ชั้นชะล้าง หรือชั้น E นักเรียนจะสังเกตว่าดินชั้นนี้สีมันจะซีดจางลง เพราะว่าพวกอินทรีย์วัตถุย่อยลง ค่ะ ต่อมาก็จะเป็น ชั้นดินล่าง หรือชั้น B เป็นชั้นที่มีการสะสมของตะกอนและแร่ธาตุ ซึ่งถูกชะล้างมาจากดินชั้นบน ดินชั้นนี้จึงมีเนื้อแน่น มีความชื้นสูง และส่วนมากเป็นดินเหนียวนะคะ

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูอารีย์ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายซึ่งไม่สะท้อนถึงตัวชีวิตเรื่องดินตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งระบุไว้ว่า “วิเคราะห์และอธิบายกระบวนการเกิดดินจากแบบจำลองชั้นหน้าตัดดิน ศึกษาและอธิบายลักษณะชั้นหน้าตัดดิน” สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์ขาดการวิเคราะห์หลักสูตรในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองชั้นหน้าตัดดินโดยมีการแบ่งชั้นตามเกณฑ์ของตนเองและนำเสนอ จากนั้นจึงให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการแบ่งชั้นหน้าตัดดินตามเกณฑ์ของนักวิทยาศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้และนำมาอภิปรายในกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบชั้นหน้าตัดดินตามเกณฑ์ของนักวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างซึ่งให้ครูอธิบายเกี่ยวกับการเลือกใช้วิธีสอนในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ พบว่า ครูสามารถอธิบายการเลือกใช้วิธีสอนในการสอนวิทยาศาสตร์ได้โดยคำนึงถึงเนื้อหาที่สอน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...คือก่อนอื่นเราต้องดูเนื้อหาที่จะสอนก่อนค่ะ อย่างเช่นเวลาสอนเรื่องเซลล์ ถ้าสอนแบบบรรยายนักเรียนก็จะไม่เห็นเซลล์ของจริง ต้องสอนแบบทดลองค่ะ ให้นักเรียนใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูเซลล์ แต่ถ้าเป็นเนื้อหาที่ซับซ้อนมองเห็นภาพยาก เช่นเรื่องการแบ่งเซลล์ อาจจะต้องหาภาพเคลื่อนไหวมาให้เด็กเรียนศึกษาค่ะ

(ครูอารีย์, ผู้ให้สัมภาษณ์, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

ถึงแม้ว่าจากการสัมภาษณ์ครูอารีย์จะรู้จักวิธีสอนอย่างหลากหลายและมีการรับรู้การเลือกวิธีสอนโดยการตระหนักถึงเนื้อหา แต่จากการวิเคราะห์แผนการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ส่วนใหญ่ครูอารีย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยายซึ่งไม่ได้ตระหนักถึงเนื้อหาที่สอนรวมทั้งความยากหรืออุปสรรคที่ผู้เรียนต้องพบในเนื้อหาเพื่อทำการเลือกวิธีสอนและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความเป็นนามธรรม มีความซับซ้อนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ครูจึงต้องหาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมและสร้างคำอธิบายได้ด้วยตนเอง เช่น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อให้ผู้เรียนใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องแหล่งน้ำ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้พบว่า ครูอารีย์เขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัด ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังตัวอย่างการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

...ตัวชี้วัด ว 3.2 ม.2/8 อธิบายปัจจัยและกระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินจากแบบจำลอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) อธิบายการเกิดน้ำผิวดินได้ (K)
- 2) อธิบายการเกิดน้ำใต้ดินและการกักเก็บของน้ำบาดาลได้ (K)
- 3) ทำงานเป็นกระบวนการกลุ่ม (P)
- 4) มีจิตวิทยาศาสตร์ (A)

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้จะเห็นว่าตัวชี้วัดเน้นการอธิบายปัจจัยที่และกระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินจากแบบจำลอง แต่เมื่อพิจารณาจุดประสงค์การเรียนรู้พบว่า ไม่มีการระบุพฤติกรรมบ่งชี้ให้เห็นถึงการอธิบายโดยใช้แบบจำลอง ทำให้การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่ครอบคลุมตัวชี้วัด สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์ขาดการวิเคราะห์หลักสูตรในการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ซึ่งจะส่งผลต่อการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแหล่งน้ำ ในด้านกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ครูอารีย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ 1) ชั้นนำ ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน 2) ชั้นสอน ครูอธิบายเนื้อหาเรื่องแหล่งน้ำ และ 3) ชั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญให้แก่ผู้เรียน ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ชั้นนำ ครูแสดงภาพแหล่งน้ำประเภทต่าง ๆ จากโปรแกรม PowerPoint และใช้คำถาม ดังนี้ แหล่งน้ำแต่ละแห่งเกิดขึ้นได้อย่างไร แหล่งน้ำแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ขั้นสอน ครูอธิบายเรื่องแหล่งน้ำจากแผนภาพการเกิดแหล่งน้ำโดยใช้โปรแกรม PowerPoint

ขั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญของแหล่งน้ำและให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

ประกอบกับเมื่อวิเคราะห์แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารีย์ใช้วิธีการอธิบายเนื้อหาเรื่องแหล่งน้ำ โดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างคำบรรยายในการปฏิบัติการสอน

...แหล่งน้ำใต้ดินจะแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ น้ำในดิน และน้ำบาดาล โดยที่น้ำในดินก็จะเป็นน้ำที่อยู่ร่วมกับอากาศตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ส่วนน้ำบาดาลเป็นน้ำที่ไหลซึมลึกลงไปและถูกกักเก็บไว้ในชั้นหินหรือชั้นดินจนอึดตัวไปด้วยน้ำนั้นเองค่ะ

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน ส่วนใหญ่ครูอารีย์ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายซึ่งไม่สะท้อนถึงตัวชี้วัดเรื่องแหล่งน้ำตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งระบุไว้ว่า “อธิบายปัจจัยและกระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินจากแบบจำลอง” การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จึงควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองแหล่งน้ำผิวดินโดยใช้กองทรายและกรวดและทำการปล่อยน้ำผ่านเพื่อจำลองการเกิดร่องน้ำ โดยให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกองทรายและกองกรวดเพื่อสร้างคำอธิบายการเกิดแหล่งน้ำผิวดิน รวมทั้งใช้กล่องพลาสติกบรรจุทรายและกรวดโดยให้ผู้เรียนสังเกตการการไหลซึมของน้ำเพื่อสร้างคำอธิบายการเกิดแหล่งน้ำใต้ดิน

ดังนั้นจากการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ การปฏิบัติการสอน แสดงให้เห็นว่าครูอารีย์ออกแบบการจัดการเรียนการสอนและปฏิบัติการสอนไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัดในหลักสูตร เนื่องจากขาดการวิเคราะห์ตัวชี้วัด และถึงแม้ว่าครูอารีย์จะมีความตระหนักถึงเนื้อหาในการ

เลือกวิธีสอนแต่ก็ไม่ได้นำมาใช้ในการปฏิบัติการสอน สะท้อนให้เห็นว่าครูอาเรียมีการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

4. ครูรู้จักเทคโนโลยีที่หลากหลายแต่ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยให้ครูบอกเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่ครูรู้จัก พบว่า ครูอาเรียรู้จักเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ โน้ตบุ๊ก ไอแพด โทรศัพท์มือถือ โพรเจคเตอร์ กล้องจุลทรรศน์ 2) ซอฟต์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม Microsoft Office คลิปวิดีโอ เทคโนโลยี AR แอปพลิเคชันในโทรศัพท์ และ 3) ระบบออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ที่ให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ สสวท. อินเทอร์เน็ต Google ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...เทคโนโลยีที่รู้จักก็อย่างเช่น โน้ตบุ๊ก ไอแพด โทรศัพท์มือถือ โพรเจคเตอร์ พวกโปรแกรม Word PowerPoint Excel คลิปต่าง ๆ ที่เคยใช้ก็จากยูทูปค่ะ แล้วก็พวกแอปพลิเคชันในโทรศัพท์ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ อินเทอร์เน็ต Google ที่ใช้สืบค้นข้อมูล เช่น เว็บไซต์ที่มีเนื้อหาวิทย์ของ สสวท เห็นในหนังสือเรียนเขามีให้สแกน AR ด้วย

(ครูอาเรีย, ผู้ให้สัมภาษณ์, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่าครูอาเรียรู้จักเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนค่อนข้างหลากหลาย แต่เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องดินโดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอาเรียใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...ครูอธิบายชั้นหน้าตัดดินโดยใช้ภาพชั้นหน้าตัดดินจากโปรแกรม PowerPoint และใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน เช่น นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดที่ทำให้สีของดินแต่ละชั้นต่างกัน

(ครูอาเรีย, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 กุมภาพันธ์ 2563)

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องดิน พบว่า ครูอาเรียใช้โปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่าง

...ครู: จากภาพในสไลด์ชั้นหน้าตัดดิน มีกี่ชั้นคะ

นักเรียน: 6 ชั้น

ครู: ใช่ค่ะ ดินมี 6 ชั้น นักเรียนลองสังเกตนะคะว่า ดินแต่ละชั้นมีความแตกต่างกันอย่างไร

นักเรียน: ลักษณะกับสี

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องดิน จะเห็นได้ว่าครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว คือ โปรแกรม PowerPoint โดยใช้ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย สะท้อนให้เห็นว่าถึงแม้ครูอารีย์จะรู้จักเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายแต่ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติการสอนได้

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมถึงสาเหตุที่ครูอารีย์ไม่ได้นำเทคโนโลยีที่ตนเองรู้จักอย่างหลากหลายมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน พบว่า สาเหตุมาจากครูอารีย์มีภาระงานทะเบียนโรงเรียนอย่างต่อเนื่องทำให้ขาดเวลาในการออกแบบการสอน รวมทั้งครูอารีย์ยังสับสนเกี่ยวกับการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...ที่หนูไม่ได้เอาเทคโนโลยีที่รู้จักมากมายมาใช้สอน เพราะหนึ่งละ งานทะเบียนที่เกี่ยวกับจำนวนนักเรียนของโรงเรียนเรามันจุกจิกบางครั้งหนูจะให้งานเด็กแล้วมาทำรายงานจำนวนนักเรียนลงระบบส่งเขตเวลาที่เขตต้องการกะทันหัน สองก็คือจริง ๆ แล้วหนูก็ยังสับสนการคิดกิจกรรมที่เราจะเอาเทคโนโลยีอื่น ๆ นอกจาก PowerPoint เข้ามาใช้

(ครูอารีย์, แบบสัมภาษณ์, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และการสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีเพียงชนิดเดียว คือ โปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย สะท้อนให้เห็นว่าถึงแม้ว่าครูอารีย์จะรู้จักเทคโนโลยีหลากหลายประเภทแต่ก็ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ เนื่องจากยังขาดความรู้ ความเข้าใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยี ดังนั้นครูวิณาจึงมีความรู้ด้านเทคโนโลยีแต่ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้

5. ครูใช้เทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องแหล่งน้ำ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องแหล่งน้ำ โดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอารีย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...ครูแสดงภาพแหล่งน้ำประเภทต่าง ๆ จากโปรแกรม PowerPoint และใช้คำถาม ดังนี้ แหล่งน้ำแต่ละแห่งเกิดขึ้นได้อย่างไร แหล่งน้ำแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร จากนั้นครูอธิบายเรื่องแหล่งน้ำจากแผนภาพการเกิดแหล่งน้ำโดยใช้โปรแกรม PowerPoint

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องแหล่งน้ำ พบว่า ครูอารีย์ใช้ โปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่าง

ครู: จากภาพในสไลด์นักเรียนเห็นบริเวณที่มีน้ำก็บริเวณคะ

นักเรียน: 2 ที่ คะ มีตรงที่พื้นที่ที่รองรับจากน้ำฝนที่ตกแล้วก็ตรงซอกหิน

ครู: ใช่แล้วคะ จากภาพแหล่งน้ำจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท”

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องแหล่งน้ำ, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนข้างต้น แสดงให้เห็นว่าครูอารีย์ใช้เพียง โปรแกรม PowerPoint ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องแหล่งน้ำ สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากครูวิเคราะห์เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามยังมีเทคโนโลยีหลายประเภทที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาเรื่องแหล่งน้ำ เช่น ภาพเคลื่อนไหวสามมิติ เทคโนโลยีเสริมสภาพจริง (AR) สื่อการเรียนรู้สำเร็จรูปจากเว็บไซต์ รวมทั้งครูอารีย์ยังมีความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากใช้เทคโนโลยีไม่เหมาะสมกับวิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลายประเภทที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น การใช้สถานการณ์จำลองเสมือน (PhET) เทคโนโลยีด้านการจัดการภาพ แอปพลิเคชันทางวิทยาศาสตร์ในสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตในชั้นการสำรวจและค้นหาเพื่อสร้าง

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หากครูสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนก็จะช่วยพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

6. ครูไม่ได้คำนึงถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหา วิธีการสอนและเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่ครูอาเรียย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยาย โดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบในลักษณะการนำเสนอรูปภาพและข้อความ จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยให้ครูอธิบายประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยี พบว่า ส่วนใหญ่ครูอาเรียย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบบรรยายเนื้อหา เนื่องจากสามารถออกแบบได้ง่าย รวมทั้งสร้างสื่อโปรแกรม PowerPoint ด้วยตนเอง ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

...การบูรณาการเทคโนโลยีในการสอน ส่วนมากก็จะใช้โปรแกรม PowerPoint สอนค่ะ เพราะว่าง่ายต่อการเตรียมสอน สามารถสร้างให้ตรงกับเนื้อหาที่สอนได้ หากภาพมาประกอบได้ง่ายด้วยค่ะ

(ครูอาเรียย์, ผู้ให้สัมภาษณ์, 12 กุมภาพันธ์ 2563)

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์จะเห็นได้ว่าการใช้เทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์ของครูอาเรียย์ไม่ได้คำนึงถึงเนื้อหาที่สอนและวิธีสอน สะท้อนให้เห็นว่าครูอาเรียย์ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาเรียย์มีความเข้าใจว่าการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนคือการใช้เทคโนโลยีประกอบการบรรยาย หากแต่การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพนั้น ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ ตัวอย่างเช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือสถานการณ์จำลองในขั้นตอนการตรวจสอบแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนปรับปรุงแบบจำลองของตนเองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องดินโดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอาเรียย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเรื่องดิน และใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ชั้นนำ ครูแสดงภาพดินตามภูมิภาคต่าง ๆ จากโปรแกรม PowerPoint และใช้คำถามดังนี้ ดินเกิดขึ้นได้อย่างไร ถ้ามองลึกลงไปดินมีลักษณะอย่างไร

ชั้นสอน ครูอธิบายความรู้เรื่องการเกิดดินและชั้นของดิน และใช้คำถาม ดังนี้ นักเรียนคิดว่าสีของดินแต่ละชั้นต่างกันเพราะปัจจัยใด ดินแต่ละชั้นมีคุณสมบัติต่างกันอย่างไร

ชั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญของเรื่องดินและให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 กุมภาพันธ์ 2563)

เมื่อวิเคราะห์การสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องดิน พบว่า ครูอารีย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการบรรยาย ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอน

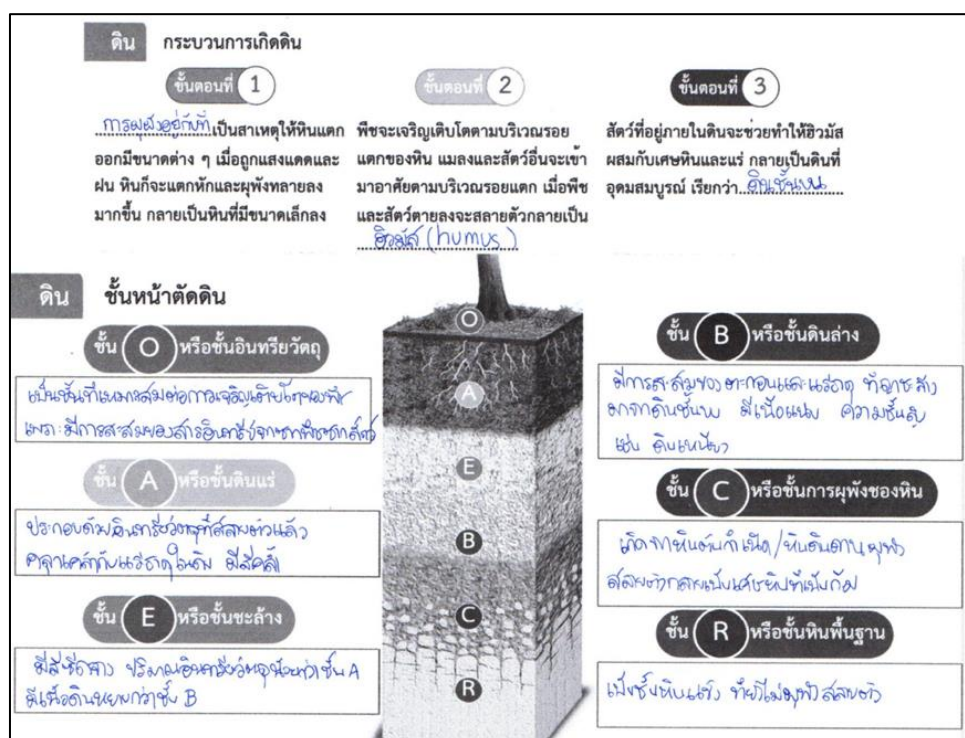
...ดินแต่ละชั้นจะมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกัน ดูตามภาพนะคะ 1) ชั้นอินทรีย์วัตถุ หรือชั้น O เป็นชั้นที่มีสีดำ นักเรียนคิดว่าเพราะดินชั้นนี้ถึงมีสีดำคะ ก็เพราะว่ามีการสะสมอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ พวกซากพืชซากสัตว์ แล้วนักเรียนคิดว่าดินแต่ละชั้นมีประโยชน์อย่างไร

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 กุมภาพันธ์ 2563)



ภาพ 43 การปฏิบัติการสอนเรื่องดินของครูอารีย์

จากรูปภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องดินจะเห็นได้ว่าครูอารีย์ใช้การสอนแบบบรรยาย ผู้เรียนรับข้อมูลจากการนำเสนอเนื้อหาจากโปรแกรม PowerPoint โดยไม่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งผู้เรียนบันทึกเนื้อหาสาระลงในใบกิจกรรม (ภาพ 44) สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์ปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอนรวมทั้งกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์



ภาพ 44 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องดินที่ครูอารีย์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

จากภาพตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องดิน จะเห็นได้ว่า ใบกิจกรรมมีลักษณะแบบเติมคำหรือสาระสำคัญลงในช่องว่างที่กำหนด สะท้อนให้เห็นว่าใบกิจกรรมที่ครูวิณาออกแบบเน้นความรู้ความจำ โดยที่ไม่มีการส่งเสริมการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน ภาพถ่าย และใบกิจกรรมที่ใช้การปฏิบัติการสอนเรื่องดิน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนของครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเนื้อหาและให้ผู้เรียนจดบันทึกสาระสำคัญลงในใบกิจกรรม สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์เลือกใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนเรื่องดิน ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลอง

ชั้นหน้าตัดดินในชั้นการสำรวจตรวจสอบ จากนั้นจึงนำแบบจำลองมาอภิปรายถึงความเหมือน ความแตกต่างกับแบบจำลองของเพื่อน และให้นักเรียนใช้แอปพลิเคชัน Aksorn interactive3D โดยการสแกน QR Code เพื่อให้ศึกษาแบบจำลองภาพเคลื่อนไหวสามมิติเกี่ยวกับชั้นของดินและนำมาตรวจสอบกับแบบจำลองของตนเอง หากยังไม่สอดคล้องจึงให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อนำมาอธิบายแนวคิดเรื่องชั้นของดิน ดังนั้นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องดินดังกล่าว เป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองโดยผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาอธิบายแนวคิดเรื่องดิน ดังภาพ 45



ภาพ 45 การใช้แอปพลิเคชัน Aksorn interactive3D ในการศึกษาแบบจำลองภาพเคลื่อนไหวสามมิติเกี่ยวกับชั้นของดิน

ในปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องแหล่งน้ำ เมื่อวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแหล่งน้ำ โดยใช้แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอารีย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเรื่องเมฆโดยใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

ขั้นนำ ครูแสดงภาพแหล่งน้ำประเภทต่าง ๆ จากโปรแกรม PowerPoint และใช้คำถาม ดังนี้ แหล่งน้ำแต่ละแห่งเกิดขึ้นได้อย่างไร แหล่งน้ำแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ขั้นสอน ครูอธิบายเรื่องแหล่งน้ำจากแผนภาพการเกิดแหล่งน้ำโดยใช้โปรแกรม PowerPoint และใช้คำถามว่า แหล่งน้ำแต่ละประเภทมีประโยชน์อย่างไร การดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำหรือไม่ อย่างไร

ขั้นสรุป ครูสรุปสาระสำคัญของเรื่องแหล่งน้ำและให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 กุมภาพันธ์ 2563)

จากการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องแหล่งน้ำ พบว่า ครูอารีย์ใช้โปรแกรม PowerPoint ในขั้นสอน โดยใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเรื่องแหล่งน้ำ และมีการใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

...ครู: จากภาพแหล่งน้ำผิวดินเกิดจากฝนที่ตกลงมา แล้วนักเรียนคิดว่ามันกลายมาเป็นแม่น้ำ ลำธารได้อย่างไร

นักเรียน: เกิดการกัดเซาะหรือเปลา่คะ

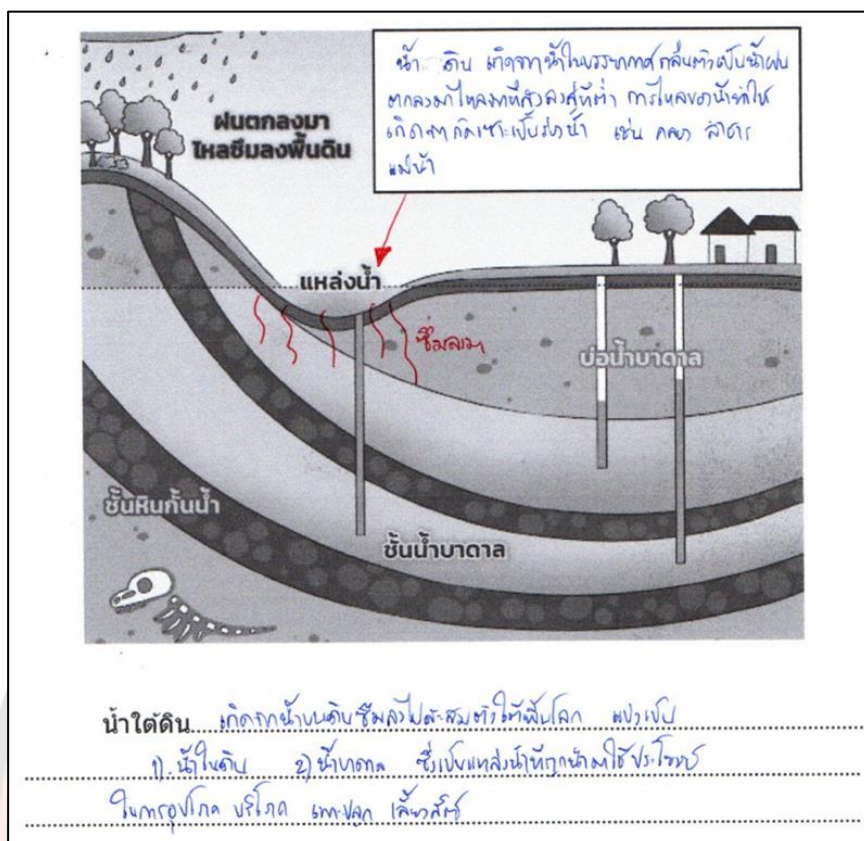
ครู: ใช่แล้วคะ ฝนที่ตกลงมาไหลจากที่สูงลงที่ต่ำ เป็นเวลานาน มันก็จะเกิดการกัดเซาะพื้นที่ตรงนั้นเป็นร่องน้ำแล้วก็จะเกิดเป็นพวกแม่น้ำ ลำธาร คลองต่าง

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 กุมภาพันธ์ 2563)



ภาพ 46 การปฏิบัติการสอนเรื่องแหล่งน้ำของครูอารีย์ (กุมภาพันธ์ 2563)

จากรูปภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องแหล่งน้ำจะเห็นได้ว่าครูอารีย์ใช้การสอนแบบบรรยาย ผู้เรียนรับข้อมูลจากการนำเสนอเนื้อหาจากโปรแกรม PowerPoint โดยไม่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งผู้เรียนบันทึกเนื้อหาสาระลงในใบกิจกรรม (ภาพ 47) สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณาปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอนรวมทั้งกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

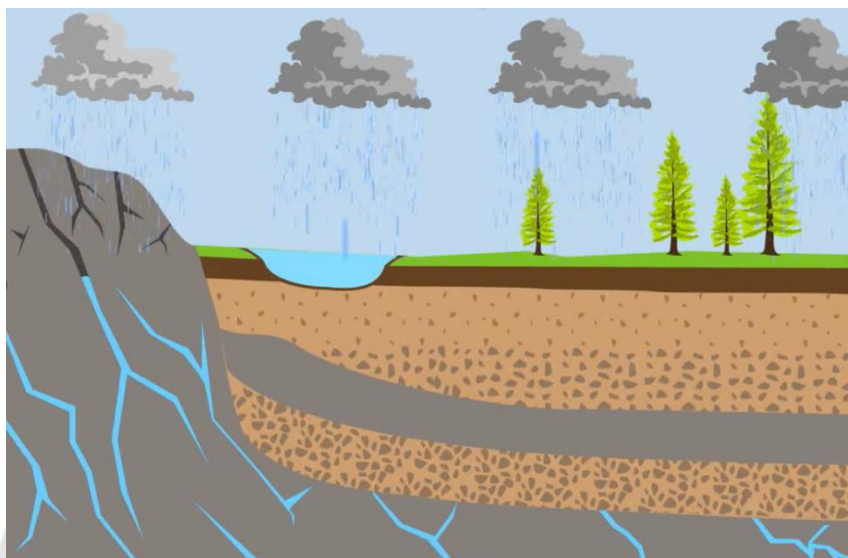


ภาพ 47 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องแหล่งน้ำที่ครูอารีย์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

จากภาพตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องแหล่งน้ำ จะเห็นได้ว่า ใบกิจกรรมมีลักษณะแบบเติมคำหรือสาระสำคัญลงในช่องว่างที่กำหนด สะท้อนให้เห็นว่าใบกิจกรรมที่ครูอารีย์ออกแบบเน้นความรู้ความจำให้แก่ผู้เรียน โดยที่ไม่มีการส่งเสริมการให้เหตุผลและการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน รูปภาพการจัดการเรียนการสอน และใบกิจกรรม แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนของครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเนื้อหาและให้ผู้เรียนจดบันทึกสาระสำคัญลงในใบกิจกรรม สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์เลือกใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องแหล่งน้ำและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนเรื่องแหล่งน้ำ ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้โดยสร้างแบบจำลองน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินโดยใช้ทรายและกรวดจากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงการไหลซึมของน้ำ และให้ผู้เรียนตรวจสอบแบบจำลองจากข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์เช่น เว็บไซต์ Aksorn.com ซึ่งแสดงภาพเคลื่อนไหวในเรื่องการเกิดแหล่งน้ำ แล้วให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองและนำมาอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปและสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการเกิดแหล่งน้ำ ดังนั้นแนวทางการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องแหล่งน้ำดังกล่าวจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้โดยผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาอธิบายแนวคิดเรื่องแหล่งน้ำ ดังภาพตัวอย่าง



ภาพ 48 ภาพเคลื่อนไหวเรื่องแหล่งน้ำ

ที่มา: Aksorn.com, 2021

จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ แผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการปฏิบัติการสอน ในการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ เรื่องดินและแหล่งน้ำ แสดงให้เห็นว่าครูอารีย์จัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ดังนั้นครูอารีย์จึงมีความเข้าใจเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ตอนที่ 2 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

ครูอารีย์ได้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ “การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” ผู้วิจัยนำเสนอการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูอารีย์จากการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการตามลำดับดังต่อไปนี้

การประชุมเชิงปฏิบัติการ

1. ครุมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

ก่อนเริ่มกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีของครูวิชา โดยใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วยแนวคิดเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน แบบวัดมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบแบบถูก-ผิด พร้อมทั้งให้เหตุผล จำนวน 10 ข้อ จากการวิเคราะห์แบบวัดความรู้ในเนื้อหา พบว่า ครูวิชามีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิด 3 ประเภท ได้แก่ 1) สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) จำนวน 5 ข้อ คือเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 2 ข้อ เรื่องกฎทรงมวล จำนวน 2 ข้อ และเรื่องปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน จำนวน 1 ข้อ 2) สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) จำนวน 3 ข้อ คือเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 1 ข้อ การถ่ายโอนความร้อนในปฏิกิริยาเคมี จำนวน 1 ข้อ และปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน จำนวน 1 ข้อ และ 3) มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ข้อ คือ เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 1 ข้อ และการถ่ายโอนความร้อนในปฏิกิริยาเคมี จำนวน 1 ข้อ ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

...เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจะมีสารใหม่เรียกว่าผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นซึ่งสังเกตได้จาก การเกิดแก๊ส การตกตะกอน โดยอะตอมของสารตั้งต้นจะมีการเรียงตัวกันใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ทำให้มีสมบัติต่างไปจากเดิม ส่วนการเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนสี การที่มวลเปลี่ยนแปลงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูอารีย์ข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารใหม่ ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจะไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนขนาดของสาร

...ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีสารตั้งต้นจะมีการเรียงตัวใหม่เพื่อให้ได้เป็นสารใหม่ที่ต่างไปจากสารเดิมก็คือผลิตภัณฑ์และจำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในสารตั้งต้นจะเท่ากับผลิตภัณฑ์

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูอารีย์ข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารใหม่ซึ่งมีสมบัติต่างไปจากสารเดิม โดยที่ไม่มีอะตอมใดเกิดขึ้นใหม่หรือสูญหาย

...มวลของสารตั้งต้นก่อนเกิดปฏิกิริยาเคมีจำเป็นต้องมีมวลเท่ากับมวลของผลิตภัณฑ์หลังเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะทำการเรียงตัวใหม่กลายเป็นผลิตภัณฑ์ไม่มีการสูญเสียไปไหน

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูอารีย์ข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีอะตอมแต่ละชนิดก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมีมีจำนวนเท่ากัน โดยอะตอมไม่สูญหายหรือเกิดขึ้นใหม่แต่มีการจัดเรียงตัวใหม่

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากไม่มีอะตอมของธาตุใดในสารตั้งต้นสูญหาย เพียงแต่เรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูอารีย์ข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะทำการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์โดยที่ไม่มีอะตอมใดสูญหายไปหรือเกิดขึ้นใหม่

...การเผาไหม้มี 2 แบบ คือ แบบสมบูรณ์ที่เกิดจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ และแบบไม่สมบูรณ์จะได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบของครูอารีย์ สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะตอมของธาตุ

คาร์บอนและไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของแก๊สออกซิเจนเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งเป็นการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ส่วนการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ

ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์บางส่วน

...ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลแสดงถึงการรวมตัวกันของอะตอมของสาร ไม่ได้เป็นตัวเลขที่ใช้ในการดุลสมการเคมี

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบจะเห็นได้ว่าครูอารีย์อธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ คือ ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลแสดงถึงการรวมตัวกันของอะตอมของสาร ไม่ได้เป็นตัวเลขที่ใช้ในการดุลสมการเคมี แต่ครูอารีย์ไม่ได้ระบุถึงตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับการดุลสมการเคมี ซึ่งการดุลสมการเคมีคือการเพิ่มเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเพื่อให้จำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในสารตั้งต้นมีจำนวนเท่ากับในสารผลิตภัณฑ์

...การเผาไหม้จำเป็นต้องใช้ความร้อนในการเริ่มปฏิกิริยา เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปจะเกิดการคายความร้อนออกมา ทำให้เรารู้สึกร้อน จึงไม่ใช่การดูดความร้อน

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ คือเนื่องจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ใช้ความร้อนในการเริ่มต้นปฏิกิริยาเท่านั้น แต่ไม่ได้อธิบายถึงการดูดความร้อนและการคายความร้อน โดยการดูดความร้อนเป็นกระบวนการที่ระบบดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้ามา ทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมลดลง ส่วนการคายความร้อนเป็นกระบวนการที่ระบบคายความร้อนไปสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสสารที่ได้อาจแสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลางก็ได้

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบจะเห็นได้ว่าครูอารีย์อธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ คือ ปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส สารละลายที่ได้อาจมีสมบัติ เป็นกรด กลาง หรือเบส แต่ไม่ได้อธิบายถึงปัจจัยที่ทำให้สารละลายแสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลาง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกริยากัน หากกรดแก่ทำปฏิกริยากับเบสอ่อนจะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกรด เบสแก่ทำปฏิกริยากับเบสอ่อนจะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นเบส และกรดแก่ทำปฏิกริยากับเบสแก่จะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกลาง

ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

..สมการเคมีที่ประกอบด้วย $3N_2$ สามารถแสดงได้เป็น NNNNNN เนื่องจาก $3N_2$ มีอะตอมไนโตรเจน 6 อะตอม

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโมเลกุลที่เป็นโมเลกุลอะตอมคู่ ในกรณี $3N_2$ แสดงให้เห็นว่าประกอบด้วยโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจน (N_2) จำนวน 3 โมเลกุล จึงสามารถแสดงได้เป็น $N_2 N_2 N_2$ จึงจะถูกต้อง

เมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลงจะเกิดปฏิกิริยาเคมี ถ้าอุณหภูมิลดลงจะเกิดการดูดความร้อนแต่ถ้าหากอุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการคายความร้อน

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 24 มิถุนายน 2563)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับอุณหภูมิและการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมีหรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนสถานะ การละลาย

ดังนั้นจากการตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาของครูอารีย์ โดยใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี ผลการวิเคราะห์แบบวัดความรู้ในเนื้อหาแสดงให้เห็นว่าครูอารีย์ยังมีแนวคิดไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

2. ความเข้าใจในการวิเคราะห์หลักสูตรส่งผลต่อความรู้ในวิธีสอนจากการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

ครูอารีย์ได้ปฏิบัติกิจกรรมการวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาสาระการเรียนรู้ที่กำหนด และระบุมাত্রฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดจากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวชี้วัดเพื่อนำมาสู่การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรม พบว่า ครูอารีย์สามารถระบุมাত্রฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามสาระการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งสามารถวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี ดังตัวอย่างการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้

...ตัวชี้วัด ว.2.1 ม.1/7 อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบ โดยใช้แบบจำลอง และสารสนเทศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุและสารประกอบได้ (K)
- 2) ใช้แบบจำลองและสารสนเทศจากสื่อเทคโนโลยีเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุและสารประกอบได้ (P)
- 3) มีความสนใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (A)”

(ครูอารีย์, ใบกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ, 24 มิถุนายน 2563)

จากตัวอย่างใบกิจกรรมจะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีความเข้าใจด้านการวิเคราะห์หลักสูตรสู่การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป

3. ครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องกฎทรงมวล

เมื่อเข้าสู่กิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ครูอารีย์ได้ปฏิบัติการทดลองเรื่องปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล และฝนกรด จากการนำเสนอผลการทดลองพบว่า ครูอารีย์อธิบายแนวคิดได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น

...จากการที่ได้ออกแบบการทดลองตรวจสอบมวลของสารก่อนเกิดและหลังเกิดปฏิกิริยา ก็พบว่า เมื่อนำผงแคลเซียมคาร์บอเนตใส่ไว้ในลูกโป่งที่ได้ทำการครอบไว้ที่ปากขวดรูปชมพู่ซึ่งมีสารละลายกรดไฮโดรคลอริกบรรจุอยู่ เมื่อนำไปชั่งมวล พบว่าได้

เท่ากับ 217 กรัม เมื่อปล่อยให้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตตกลงไปในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกพบว่าแก๊สเกิดขึ้น เมื่อนำไปชั่งมวล พบว่าได้เท่ากับ 217.05 กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับก่อนที่สารจะทำปฏิกิริยากัน แสดงให้เห็นว่ามวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลของสารหลังทำปฏิกิริยากะ เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้น ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนตและกรดไฮโดรคลอริกจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่มีอะตอมไหนที่หายไป

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 24 มิถุนายน 2563)

จากตัวอย่างการนำเสนอผลการทดลองจะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ กล่าวคือเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลของสารหลังทำปฏิกิริยาตามกฎทรงมวล

เมื่อครูอารีย์ได้สะท้อนความคิดเกี่ยวกับการนำกิจกรรมการทดลองเรื่องกฎทรงมวลไปใช้ในห้องเรียน ครูอารีย์ได้อธิบายถึงธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องกฎทรงมวลซึ่งมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาจะเท่ากับมวลของสารหลังทำปฏิกิริยา ในการสอนเรื่องนี้จึงจำเป็นที่ผู้เรียนจะต้องเห็นค่าที่ได้จากการชั่งมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยา ดังนั้นจึงควรใช้วิธีสอนแบบทดลองเพื่อให้ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นและค่ามวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยาและทำการสรุปและอภิปรายผลการทดลองจนสามารถสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับกฎทรงมวลได้ด้วยตนเอง ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามในการสะท้อนความคิดในกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

...เรื่องกฎทรงมวลต้องพิสูจน์ว่ามวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาเท่ากับมวลของสารหลังทำปฏิกิริยาโดยการชั่งมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยา วิธีสอนที่พิสูจน์จากหลักฐานชัดเจนก็คือการสอนแบบทดลอง นักเรียนจะทำสืบเสาะหาความรู้จากการได้ลงมือทดลองและบันทึกผลค่ามวลของสารที่ชั่งได้แล้วนำมาอภิปรายจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับกฎทรงมวล

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 25 มิถุนายน 2563)



ภาพ 49 ครูอารีย์ปฏิบัติกิจกรรมทดลองในกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทาง
วิทยาศาสตร์

จากภาพการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องปฏิกิริยาเคมี ครูอารีย์ได้ปฏิบัติกิจกรรมทดลอง ซึ่งได้รับบทบาทเสมือนเป็นผู้เรียน โดยลงมือปฏิบัติการทดลอง นำเสนอผลการทดลอง สรุปและอภิปรายผลการทดลองและสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล และการเกิดฝนกรดด้วยตนเอง ทำให้ได้รับประสบการณ์ตรงในบทบาทผู้เรียนและเกิดความเข้าใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและสอดคล้องตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

4. ครูมีการรับรู้ด้านเทคโนโลยีที่รวดเร็วจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี

ครูอารีย์เป็นผู้ที่มีความสามารถในการรับรู้ในการใช้เทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีทักษะพื้นฐาน เช่น การกดแถบเมนูคำสั่งต่าง ๆ ในโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันได้อย่างคล่องแคล่ว เมื่อเข้าสู่กิจกรรมสื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูอารีย์ได้ทดลองใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) แอปพลิเคชันการทดลองเสมือน (Lab simulation application) 2) เทคโนโลยีด้านการจัดการภาพ (Image processing) 3) เทคโนโลยีเสริมสภาพจริง (Augmented reality) 4) แอปพลิเคชันบนแท็บเล็ตและมือถือ (Tablet and mobile phone application) และ 5) สื่อการเรียนรู้สำเร็จรูปจากเว็บไซต์ (Website learning) จากการสังเกต พบว่าครูอารีย์สามารถเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีแต่ละกลุ่มได้อย่างรวดเร็วและคล่องแคล่ว สามารถดำเนินการใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภทได้อย่างมั่นใจ เมื่อได้ทดลองใช้แล้ว ครูอารีย์สามารถอธิบายจุดเด่น

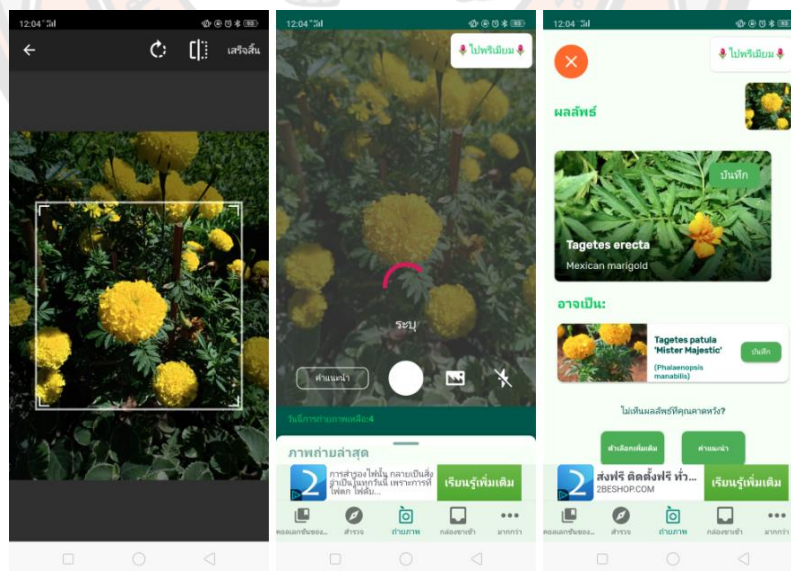
วิธีการใช้สื่อเทคโนโลยี และการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนาม

...ครูอารีย์ใช้โปรแกรม PHET เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องสมการเคมีและกฎทรงมวล เมื่อเข้าสู่หน้าเมนูของโปรแกรม ครูอารีย์สามารถกดไปยังเมนูและคำสั่งต่าง ๆ เช่น เครื่องมือ และสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นอย่างคล่องแคล่ว รวมทั้งสามารถทดลองใช้โปรแกรมที่เป็นส่วนของการทดสอบ ได้อย่างรวดเร็ว

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 25 มิถุนายน 2563)

...การสอนเรื่องพืชดอก ครูจะมอบหมายให้นักเรียนสำรวจพืชดอกในโรงเรียน โดยครูจะแนะนำวิธีใช้แอปพลิเคชัน Plant Snap ที่มีจุดเด่นคือสามารถสแกนภาพพืชดอกที่พบ และแอปพลิเคชันจะประมวลผลและแสดงข้อมูลของพืชดอกชนิดนั้น ซึ่งนักเรียนจะทำการสำรวจโดยใช้แอปพลิเคชันนี้สืบค้นข้อมูลพืชดอกในโรงเรียนโดยการถ่ายรูปพืชดอกที่สำรวจ และรอการประมวลผล นักเรียนก็จะทราบข้อมูลพืชดอกที่สำรวจและนำเสนอผลการสำรวจเพื่อสรุปพืชดอกที่พบในโรงเรียน

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 25 มิถุนายน 2563)



ภาพ 50 การทดลองใช้แอปพลิเคชัน Plant Snap ของครูอารีย์

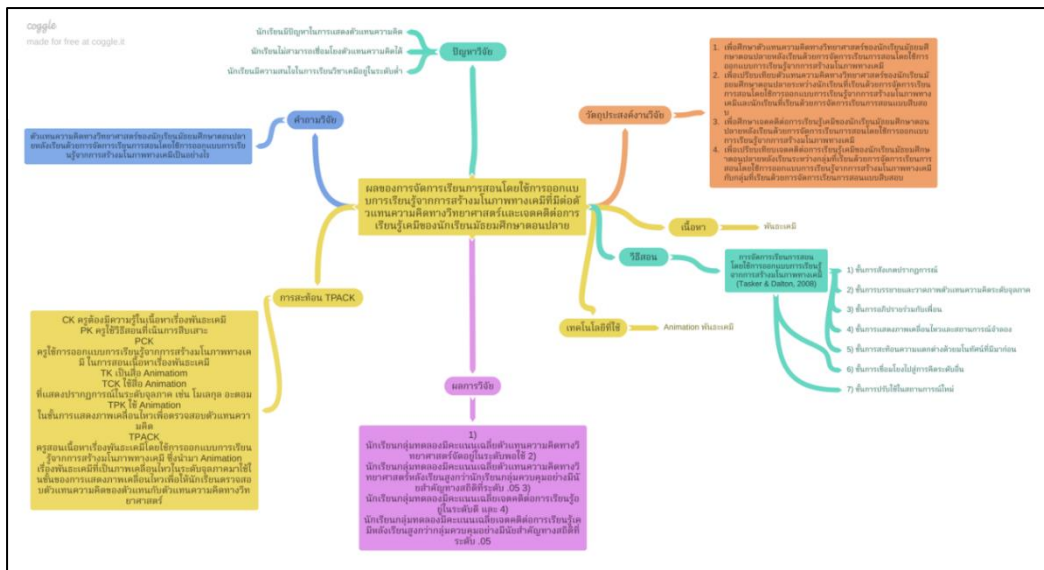
จากตัวอย่างการเลือกใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะเห็นได้ว่า ครูอาเรียมีความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีจากการอธิบายจุดเด่นและวิธีใช้แอปพลิเคชัน Plant Snap อีกทั้งยังสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องพืชดอก แสดงให้เห็นว่าการที่ครูอาเรียสามารถเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้มีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ส่งผลให้ครูอาเรียสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับเนื้อหาที่สอน สะท้อนให้เห็นว่าครูอาเรียมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีสอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

5. การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ศึกษาทำให้ครูเห็นแนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสามารถเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี แต่ยังไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับคุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

ในกิจกรรมการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูอาเรียได้เรียนรู้แนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยการวิเคราะห์งานวิจัยและนำเสนอโดยการทำแผนผังความคิดผ่านเว็บไซต์ MindMapFree.com ซึ่งครูอาเรียนำเสนอแผนผังความคิดในประเด็นหลักคือ ขั้นตอนการสอน เนื้อหาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ดังการนำเสนอตัวอย่างงานวิจัย

...งานวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 7 ขั้นตอน โดยให้นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อให้เข้าใจตัวแทนความคิดระดับมหภาค จากนั้นใช้ภาพเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตัวของอะตอมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจตัวแทนความคิดระดับจุลภาค และแสดงสมการเคมี หรือสูตรโมเลกุลเพื่อให้นักเรียนเข้าใจตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ หากนักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ นักเรียนจะเกิดความเข้าใจเชิงลึกทางเคมี

(ครูอาเรีย, กิจกรรมของการประชุมเชิงปฏิบัติการ, 26 มิถุนายน 2563)



ภาพ 51 แผนผังการวิเคราะห์งานวิจัยของครูอารีย์

จากตัวอย่างการทำกิจกรรมการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จะเห็นว่าครูอารีย์สามารถวิเคราะห์งานวิจัยที่ใช้เทคโนโลยีร่วมกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ จากการนำเสนอประเด็นการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ องค์ประกอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้ทั้ง 7 องค์ประกอบ รวมทั้งสามารถ อธิบายแนวทางการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างถูกต้อง

อย่างไรก็ตามเมื่อครูอารีย์ปฏิบัติกิจกรรมการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการเทคโนโลยี โดยจับคู่กับครูสุชา (นามสมมติ) ซึ่งเป็นครูที่เข้าร่วมการประชุม เชิงปฏิบัติการแต่ไม่ได้เป็นครูผู้ร่วมวิจัย ซึ่งในการปฏิบัติกิจกรรมครูอารีย์ได้แลกเปลี่ยนความคิดกับครู สุชาในประเด็นการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีมาใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ จากการนำเสนอ แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่าครูอารีย์สามารถการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่มี ความจำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนแต่ยังไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหา ความรู้ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดดังนี้

...ขั้นสำรวจแลค้นหา นักเรียนทำกิจกรรมสร้างแบบจำลองเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ โดยใช้ดินน้ำมันและศึกษาโครงสร้างของเซลล์โดยใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR โดยเปรียบเทียบแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้างกับแบบจำลองโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ในแอปพลิเคชัน Discovering Science AR พร้อมทั้งปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

ขั้นอธิบาย นักเรียนนำเสนอแบบจำลองเซลล์พืชและเซลล์สัตว์และครูอธิบายสาระสำคัญเกี่ยวกับเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 26 มิถุนายน 2563)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จะเห็นได้ว่าครูอารีย์สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR กับเนื้อหาเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอนจากการให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดแล้วจึงให้ผู้เรียนศึกษาแอปพลิเคชัน Discovering Science AR เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแบบจำลองจนสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่ในขั้นอธิบายครูอธิบายสาระสำคัญเกี่ยวกับเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งในขั้นอธิบายนักเรียนควรสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตด้วยตนเอง สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามิยังขาดความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีจึงส่งผลให้มีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

6. ครูมีการเปลี่ยนมุมมองจากการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อประกอบการบรรยายเป็นการใช้เทคโนโลยีฐานะเครื่องมือการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนและเครื่องมือในการประเมินการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์หลังจากการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ

เมื่อเข้าสู่กิจกรรมการสะท้อนความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน ครูอารีย์ได้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งพบว่า ครูอารีย์มีความเข้าใจในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในมุมมองของการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ผู้เรียนใช้ในการสืบเสาะหาความรู้รวมทั้งเป็นเครื่องมือในการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น

...ในการอบรมครั้งนี้ได้รู้จักเทคโนโลยีที่ใช้เป็นสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ทำให้เข้าใจการใช้เทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่ก่อนเข้าใจว่าแค่เราหาสื่อเทคโนโลยีนำมาดึงดูดความสนใจนักเรียนมาใช้ก็ถือว่าสำเร็จ แต่พอมาร่วมอบรมครั้งนี้ทำให้เราต้องมาคิดใหม่ ว่าเราจะออกแบบกิจกรรมอย่างไรให้เด็กได้ใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้ และในบทบาทครูก็ยังใช้เทคโนโลยีเพื่อประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ตัวอย่างเช่น ใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในชั้นสร้างความสนใจเพื่อประเมินความรู้เดิมของนักเรียน และยังใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการประเมินความเข้าใจนักเรียนในชั้นประเมิน

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 26 มิถุนายน 2563)

จากการสะท้อนความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์ จะเห็นได้ว่า ครูอารีย์มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน จากประสบการณ์เดิมที่เคยใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยายเมื่อได้เรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมในการประชุมเชิงปฏิบัติการทำให้ครูอารีย์เปลี่ยนมุมมองการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนและเครื่องมือในการประเมินการเรียนรู้

ดังนั้นจากการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี แต่ยังไม่สมบูรณ์เนื่องจากองค์ประกอบในความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนยังไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

ในการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเรื่องปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วยเนื้อหา 4 เรื่อง ได้แก่ 1) การเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) กฎทรงมวล 3) การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และ 4) ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน (ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ) ซึ่งครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ดังนี้

1. การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหา

ในการออกแบบบทเรียน ครูอารีย์ได้ทำการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ก่อนเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ประเด็นหลัก 2 ประเด็น คือ สิ่งที่นักเรียนต้องรู้ในเนื้อหาที่สอน และแนวคิดสำคัญ ดังตัวอย่างการสนทนาและตารางวิเคราะห์สาระการเรียนรู้

...ครูอารีย์: ประเด็นแรกที่นักเรียนควรรู้คืออะไรคะ

ครูวิณา: เราขึ้นการเกิดปฏิกิริยาเคมีเลยไหมน้อง

ครูอารีย์: หนูคิดว่าควรให้นักเรียนรู้ก่อนไหมคะ ว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคืออะไร การเปลี่ยนแปลงทางเคมี คืออะไร แล้วเราค่อยเชื่อมการเปลี่ยนแปลงทางเคมีไปยังการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ครูวิณา: ดีค่ะ นักเรียนต้องแยก 2 อย่างนี้ให้ออกก่อนนะถึงจะเข้าใจเนื้อหา

ครูอารีย์: การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้นก็อย่างเช่น การเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนรูปร่าง แต่การเปลี่ยนแปลงทางเคมีจะมีสารใหม่เกิดขึ้น ซึ่งก็คือผลิตภัณฑ์

ครูวิณา: พี่ว่าเราต้องมีตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 แบบด้วย

ครูอารีย์: ทางกายภาพก็พวกน้ำเดือด น้ำแข็งละลายไหมคะ ส่วนทางเคมี เช่น การเกิดสนิม การเผาไหม้ การเกิดตะกอน

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 4 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการสนทนาระหว่างการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้จะเห็นว่าส่วนใหญ่ครูอารีย์จะมีการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่สอนซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

ตาราง 23 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ประเด็น	สาระการเรียนรู้ เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี
1. สิ่งที่นักเรียนต้อง รู้ในเนื้อหาที่สอน	<p>- การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง การละลาย การและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จะมีสารใหม่เกิดขึ้น เช่น การเกิดแก๊ส ตะกอน</p> <p>- การเกิดปฏิกิริยาเคมีอะตอมของสารตั้งต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่ ได้ เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างจากสารตั้งต้น โดยอะตอมแต่ละชนิด ก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี มีจำนวนเท่ากันไม่มีอะตอมใดหายไป เช่น ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและกรดไฮโดรคลอริกจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมคลอไรด์ น้ำ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์</p> <div style="text-align: center;"> <p>กรดไฮโดรคลอริก + แคลเซียมคาร์บอเนต → แคลเซียมคลอไรด์ + น้ำ + แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์</p> </div> <p>- สมการเคมีและการดุลสมการเคมี</p> <p>สมการเคมีคือการแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยแสดงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในรูปของสูตรเคมีหรือชื่อของสาร</p> <p>การดุลสมการเคมี คือ การปรับจำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในสารตั้งต้นให้มีจำนวนเท่ากับผลิตภัณฑ์</p>
2. แนวคิดสำคัญ	<p>การเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยที่อะตอมของสารตั้งต้นมีการจัดเรียงตัวใหม่กลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสมบัติต่างไปจากสารเดิม ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีอาจสังเกตได้จากการเปลี่ยนสี กลิ่น หรืออุณหภูมิ มีฟองแก๊ส หรือมีตะกอนเกิดขึ้น ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการเคมี</p>

จากตารางการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้จะเห็นว่าครูอารีย์ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อนำไปใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบกับการสังเกตการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในด้านเนื้อหา พบว่า ส่วนใหญ่ครูอารีย์จะเป็นผู้ที่แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาในแต่ละประเด็น

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 ของครูอารีย์ เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นนำบทเรียนที่ได้ปรับปรุงแล้ว มาใช้กับนักเรียนกลุ่มใหม่ จากผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า ครูอารีย์ระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...การเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยที่อะตอมของสารตั้งต้นมีการจัดเรียงตัวใหม่กลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสมบัติต่างไปจากสารเดิม ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีอาจสังเกตได้จากการเปลี่ยนสี กลิ่น หรืออุณหภูมิ มีฟองแก๊ส หรือมีตะกอนเกิดขึ้น

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 5 มกราคม 2564)

เมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า สามารถอธิบายสาระสำคัญได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีอะตอมของสารตั้งต้นมันจะจัดเรียงตัวกันใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์ โดยที่จะไม่มีอะตอมของธาตุไหนหายไป

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 5 มกราคม 2564)

...ครูอารีย์พยายามใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสรุปแนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เห็นได้ชัดเจนว่าครูอารีย์มีความมั่นใจในการอธิบายเนื้อหาและการใช้คำถาม

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 5 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนามข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูอารีย์อธิบายแนวคิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีอะตอมของสารตั้งต้นมันจะจัดเรียงตัวกันใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์ โดยที่จะไม่มีอะตอมของธาตุไหนหายไป สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องกฎทรงมวล จากผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอารีย์ระบุสาระสำคัญสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ โดยไม่มีอะตอมใดสูญหายหรือเกิดขึ้นใหม่ โดยมวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 12 มกราคม 2564)

เมื่อทำการสังเกตการปฏิบัติการสอน จากการวิเคราะห์แบบสังเกตการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารีย์อธิบายเกี่ยวกับกฎทรงมวลได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง

...เนื่องจากในการเกิดปฏิกิริยาเคมีนี้ มันจะไม่มีอะตอมของธาตุชนิดไหนหายไป มันแค่จัดเรียงตัวใหม่เฉยๆ มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยากับหลังทำปฏิกิริยาจึงมีค่าเท่ากันตามกฎทรงมวล

(ครูอารีย์, การสังเกตการปฏิบัติการสอน, 12 มกราคม 2564)

ผู้วิจัยได้บันทึกพฤติกรรมการสอนของครูอารีย์ในแบบบันทึกภาคสนาม ซึ่งในช่วงที่ครูอารีย์พยายามใช้คำถามจากผลการทดลองเชื่อมโยงไปยังข้อสรุปเรื่องกฎทรงมวล พบว่าครูอารีย์มีความมั่นใจในการอธิบาย ดังตัวอย่างการบันทึกภาคสนาม

...ในขั้นอธิบาย ครูอารีย์ใช้คำถามจากผลการทดลองเพื่อเชื่อมโยงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันลงข้อสรุปเรื่องกฎทรงมวล นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องโดยไม่สับสนและครูอารีย์สามารถอธิบายแนวคิดเรื่องกฎทรงมวลได้ถูกต้อง และมีความมั่นใจในการอธิบาย

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามข้างต้น แสดงให้เห็นว่าครูอารีย์สามารถอธิบายแนวคิดได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ด้วยความมั่นใจ

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จากผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอารีย์ระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง

...เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีการถ่ายโอนความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะต่ำลง เรียกว่าปฏิกิริยาคูดความร้อน หากมีการถ่ายโอนความร้อนจากระบบไปยังสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะสูงขึ้น เรียกว่าปฏิกิริยาคายความร้อน

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

เมื่อทำการสังเกตการปฏิบัติการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จากการวิเคราะห์แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารีย์อธิบายเกี่ยวกับกฎทรงมวลได้ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...ตั้งนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี จะมีการถ่ายโอนความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งถ้าวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์มอมิเตอร์แล้วอุณหภูมิลดลงแสดงว่าสิ่งแวดล้อมก็คือเทอร์มอมิเตอร์ถ่ายโอนความร้อนไปสู่ระบบ ปฏิกิริยานี้ก็จะเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน แต่ถ้าวัดแล้วอุณหภูมิสูงขึ้น แสดงว่าระบบถ่ายโอนความร้อนไปยังสิ่งแวดล้อม ก็จะเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนนั่นเอง

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

...ครูอารีย์ใช้คำถามจากการทดลองเพื่อโยงไปยังข้อสรุป นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถาม เมื่อนักเรียนสรุปแนวคิดแล้ว ครูอารีย์อธิบายแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีอีกครั้งได้ถูกต้อง

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 20 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนามข้างต้น แสดงให้เห็นว่าในการปฏิบัติการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ครูอารีย์สามารถระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้และอธิบายแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 4 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ จากผลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ครูอารีย์ระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

...เมื่อกรดทำปฏิกิริยากับโลหะ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของโลหะและแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของโลหะ เมื่อเบสทำปฏิกิริยากับโลหะ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของโลหะและแก๊สไฮโดรเจน

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

จากการวิเคราะห์แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารีย์สามารถอธิบายแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...นอกจากแก๊สไฮโดรเจนแล้ว ผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งก็คือ เกลือของโลหะค่ะ และเมื่อเกิดปฏิกิริยาเราอาจจะสังเกตที่ผิวของโลหะได้ตามที่เพื่อนบอก

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

...ครูอารีย์ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสรุปแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ รวมถึงอธิบายเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนามข้างต้น แสดงให้เห็น ครูอารีย์สามารถระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้และอธิบายแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ก่อนเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ส่งผลให้ครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

2. ความรู้ในวิธีสอนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครู

ความรู้ในวิธีสอนเป็นความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งครูอารีย์จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์จัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีสอนที่จำเพาะกับเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้กิจกรรมการทดลองในชั้นสำรวจและค้นหา ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ขั้นสร้างความสนใจ

- ครูแสดงรูปภาพการเกิดสนิมของตะปูเหล็ก การผสมน้ำหวานสีแดงกับน้ำ การจุดไม้ขีด การลอมเหลวของน้ำแข็ง การผสมน้ำอัญชันกับน้ำมะนาว และการต้มน้ำและใช้คำถามว่า นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาเคมีเกิดปฏิกิริยาเคมี เพราะเหตุใด

- นักเรียนแสดงความคิดเห็นผ่านแอปพลิเคชัน

ขั้นสำรวจและค้นหา

- นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียม คาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและบันทึกผลการทดลอง

- นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายการจัดเรียงตัว ของอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- นักเรียนศึกษาการดุลสมการเคมีจากโปรแกรม PhET

ขั้นอธิบาย

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- นักเรียนสร้างคำอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีและหลักการดุลสมการเคมีโดยใช้ตัวแทน ความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

...ดังนั้นจากการที่พวกเราได้ศึกษาปฏิกิริยาเคมี นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์การทดลองและแบบจำลองที่นักเรียนสร้างได้อย่างไรคะ

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสร้างความสนใจ ครูอารีย์ใช้รูปภาพในการกระตุ้นความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน เมื่อเข้าสู่ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็น

ว่าครูอารย์มีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะในการจัดการเรียนรู้และสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและเห็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี รวมถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์เพื่ออธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอารย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องกฎทรงมวล ครูอารย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้กิจกรรมการทดลองในขั้นสำรวจและค้นหา และในขั้นอธิบาย ครูอารย์ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายเรื่องกฎทรงมวล ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ

- ครูนำชิ้นโลหะแมกนีเซียมใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่ใบที่ 1 และใบที่ 2 โดยใบที่ 1 ปิดจุก

ส่วนใบที่ 2 ไม่ปิดจุกและใช้คำถามว่า

นักเรียนคิดว่ามวลของสารในขวดรูปชมพู่ 2 ใบนี้ เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

ขั้นสำรวจและค้นหา

- นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องกฎทรงมวล ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและบันทึกผลการทดลอง

- นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายกฎทรงมวล

ขั้นอธิบาย

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายกฎทรงมวลจากปฏิกิริยาเคมีที่ศึกษา

(ครูอารย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

...นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดมวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาและหลังเกิดปฏิกิริยาจึงมีค่าเท่ากันคะ

(ครูอารย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสร้างความสนใจ ครูอารีย์ใช้สถานการณ์ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ กระตุ้นผู้เรียนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อเข้าสู่ขั้นสำรวจ และค้นหา นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองเรื่องกฎทรงมวล ทำให้นักเรียนเห็นหลักฐานที่แสดงถึง มวลของสารก่อนเกิดและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี รวมถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทน ความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์เพื่ออธิบายกฎทรงมวล แสดงให้เห็นว่าครู อารีย์มีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะในการจัดการเรียนรู้และสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องการกฎทรงมวล ซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติการ ทดลองและเห็นหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันว่ามวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับมวลของสาร หลังทำปฏิกิริยา จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ครูอารีย์จัด กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้กิจกรรมการทดลองในชั้น สำรวจและค้นหา และในขั้นอธิบาย ครูอารีย์ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการ ปฏิบัติการสอน

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ชั้นสร้างความสนใจ

- ครูใช้คำถามว่า

นักเรียนคิดว่าการเกิดปฏิกิริยาเคมีเกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อนหรือไม่ อย่างไร
ขั้นสำรวจและค้นหา

- นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี โดย เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนและหลังปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับสารละลายกรดแอสติค และปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์กับสารละลายกรดแอสติค

- นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายการถ่าย โอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

ขั้นอธิบาย

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

...จากผลการทดลอง นักเรียนจะอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสร้างความสนใจ ครูอารีย์ใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้วิเคราะห์เกี่ยวกับพลังงานความร้อนในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อเข้าสู่ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ทำให้นักเรียนเห็นหลักฐานที่แสดงว่าเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีการถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้น ซึ่งการถ่ายโอนความร้อนนี้มีทั้งแบบที่ทำให้อุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นและแบบที่ทำให้อุณหภูมิของสารลดลง รวมถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ เพื่ออธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี แสดงให้เห็นว่าครูมีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะในการจัดการเรียนรู้และสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและเห็นหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 4 เรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้กิจกรรมการทดลองในขั้นสำรวจและค้นหา และในขั้นอธิบาย ครูอารีย์ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายเรื่องกฎทรงมวล ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

ชั้นสร้างความสนใจ

- ครูใช้คำถามว่า

นักเรียนคิดว่าเมื่อกรดหรือเบสทำปฏิกิริยากับโลหะจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ขั้นสำรวจและค้นหา

- นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ โดยใส่ ซึ้นโลหะสังกะสี อะลูมิเนียมและตะปูเหล็กลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด รินสารละลายกรดไฮโดรคลอริกลงไปจนท่วมโลหะ สังเกตการเปลี่ยนแปลง ทำการทดสอบเช่นเดิมแต่เปลี่ยนจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

- นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์เพื่ออธิบายปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

ชั้นอธิบาย

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

- นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2564)

...นักเรียนคิดว่าโลหะแต่ละชนิดเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดและเบส มีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 3 กุมภาพันธ์ 2564)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสร้างความสนใจ ครูวิณาใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้วิเคราะห์เกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ เมื่อเข้าสู่ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ทำให้นักเรียนเห็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าทั้งกรดและเบสต่างก็ทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิดได้และมีผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สเกิดขึ้น รวมถึงกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ เพื่ออธิบายปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ แสดงให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะในการจัดการเรียนรู้และสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองและเห็นหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเมื่อโลหะทำปฏิกิริยากับกรดและเบส จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

3. ครูมีความมั่นใจกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้จึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีและความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี

ความรู้ด้านเทคโนโลยีเป็นความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน หากครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่หลากหลายจะทำให้สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้จำเพาะกับเนื้อหาที่สอนเกิดเป็นความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี เมื่อครูอารย์ปฏิบัติการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้สื่อเทคโนโลยี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุล โปรแกรม PhET แอปพลิเคชัน Beaker แอปพลิเคชัน Jamboard และแอปพลิเคชัน Plickers จากการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารย์มีความมั่นใจในการใช้สื่อเทคโนโลยีสามารถอธิบายและแนะนำขั้นตอนการใช้และวิธีแก้ไขเมื่อพบปัญหาในการใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภท ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...ครูอารย์: เมื่อนักเรียนกดเข้าไปในแอปพลิเคชัน Beaker แล้วให้นักเรียนกดไปที่วงกลมสีดำทางด้านขวามือ แล้วจะเห็นเมนูเป็นรูปคล้ายหยดน้ำซึ่งแทนสารชนิดต่าง ๆ ตามสูตรโมเลกุลนะคะ นักเรียนลองกดไปที่สารตั้งต้นเพื่อเข้าทำปฏิกิริยากันดูนะคะ เมื่อลากผสมกันแล้วก็จะมีสมการเคมีแสดงขึ้นมา พร้อมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคะ

นักเรียน: ถ้าเราจะกดหาสารตัวใหม่ที่จะทำปฏิกิริยากันต้องกดตรงไหนคะ

ครูอารย์: ให้นักเรียนกดไปที่วงกลมสีดำที่ตรงมุมขวาใหม่คะ

นักเรียน: ถ้ากดตรงเส้นหยักมุมขวาล่างมันจะเป็นอะไรคะ

ครูอารย์: ตรงนั้นจะบอกการอ่านชื่อสารแต่ละชนิด แล้วก็ค่าความหนาแน่นของสารแต่ละชนิดคะ

(ครูอารย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 5 มกราคม 2564)

...ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยี ครูอารย์อธิบายขั้นตอนการใช้แอปพลิเคชัน Beaker ได้ละเอียด สามารถตอบคำถามข้อสงสัยของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชันได้ มีความมั่นใจในการใช้สื่อเทคโนโลยี

(ครูอารย์, แบบบันทึกภาคสนาม, มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม จะเห็นได้ว่าครูอารย์มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถอธิบายขั้นตอนการใช้และข้อสงสัยในการใช้เทคโนโลยีได้ถูกต้อง สะท้อนให้เห็นว่าครูอารย์มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

จากการวิเคราะห์แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนด้านการใช้เทคโนโลยี พบว่า ครูอารีย์ มีความมั่นใจในการอธิบายขั้นตอนการใช้แอปพลิเคชันต่าง ๆ ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...คือก่อนจะสอนเนี่ย ได้ทดลองใช้เทคโนโลยีทุกประเภทเลยคะ ทั้งตัว Jamboard PhET Beaker แล้วก็ Plickers พอถึงในคาบสอนก็จะค่อนข้างมั่นใจในการสาธิตการใช้หรือ อธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ในการใช้เทคโนโลยีแต่ละตัว ตอนสอนนักเรียนก็มีข้อสงสัยพอสมควร ก็อธิบายและแนะนำนักเรียนได้คะ

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 5 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าครูอารีย์สามารถใช้และอธิบาย ขั้นตอนการใช้แอปพลิเคชันและโปรแกรมต่าง ๆ ได้ถูกต้อง สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เมื่อครูอารีย์ปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องกฎทรงมวล โดยใช้สื่อเทคโนโลยี ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลจากเว็บไซต์ ACS แอปพลิเคชัน Beaker และแอปพลิเคชัน Plickers พบว่า ครูวิณามีความมั่นใจในการใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน มากขึ้น ดังตัวอย่างการสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...ให้นักเรียนกดลิงค์ที่ครูส่งเข้าไปในแชทห้องนะคะ พอกดเข้าไปแล้วจะเห็นเป็น หน้าเว็บสีฟ้าและขึ้นว่า Mass is conserved in Physical and Chemical Change แล้ว นักเรียนจะเห็นปุ่มลูกศรกดเล่น ให้นักเรียนกดแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอะตอมเมื่อ เกิดปฏิกิริยาเคมีว่าแสดงถึงกฎทรงมวลอย่างไร และเมื่อนักเรียนตรวจสอบสมการเคมีจาก ตัวแอป Beaker ให้นักเรียนกดสูตรโมเลกุลของสารตั้งต้นแต่ละตัวนะคะ

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 5 มกราคม 2564)

...ครูอารีย์อธิบายขั้นตอนการศึกษาภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลจากเว็บไซต์ ACS และแอปพลิเคชัน Beaker ได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งสามารถอธิบายข้อสงสัยและ แนะนำการใช้เมื่อนักเรียนเกิดปัญหาได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 5 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการสังเกตการปฏิบัติการสอนจะเห็นได้ว่าครูอารีย์อธิบายขั้นตอนการใช้ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลจากเว็บไซต์ ACS และแนะนำแนวทางการใช้เมื่อนักเรียนพบปัญหาได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแบบบันทึกภาคสนามซึ่งครูวิณาดำเนินการใช้เทคโนโลยีได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีความรู้ด้านเทคโนโลยีจึงทำให้ความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งครูอารีย์สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องกฎทรงมวล ไม่ว่าจะเป็นภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลจากเว็บไซต์ ACS โปรแกรม PHET ที่มีรูปแบบเป็นสถานการณ์จำลองที่แสดงให้เห็นมวลของสารก่อนทำปฏิกิริยาและหลังทำปฏิกิริยา รวมทั้งแอปพลิเคชัน Beaker ที่แสดงการทำปฏิกิริยาเคมีที่หลากหลาย สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี

เมื่อวิเคราะห์การปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ พบว่า ครูอารีย์ใช้สื่อเทคโนโลยี ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลของ สสวท แอปพลิเคชัน Beaker แอปพลิเคชัน Jamboard และแอปพลิเคชัน Plickers โดยครูอารีย์สามารถอธิบายขั้นตอนการใช้เทคโนโลยีและแนะนำแนวทางการปฏิบัติเมื่อนักเรียนพบปัญหาหรือข้อสงสัยในการใช้เทคโนโลยีอย่างมั่นใจ ดังตัวอย่างการสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนาม

...เมื่อนักเรียนใช้แอปพลิเคชัน Beaker แล้วกดสารตั้งต้นชนิดต่าง ๆ เพื่อทำปฏิกิริยากัน นักเรียนจะเห็นสมการเคมีที่ดุลสมการอย่างถูกต้องแล้ว เมื่อนักเรียนต้องการกลับไปเมนูของสารตั้งต้นให้กดวงกลมสีดำเล็ก ๆ ที่มุมขวานะ

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

...พอเราสแกน QR Code แล้ว มันก็จะขึ้นหน้าที่เป็นคลิปภาพเคลื่อนไหวให้เราศึกษา ให้นักเรียนกดเล่น แล้วดูภาพเคลื่อนไหวการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะในระดับโมเลกุล ถ้าใครสแกนแล้ว มันหลุดออกจากหน้าเว็บก็ให้สแกนใหม่นะคะ

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 5 มกราคม 2564)

...ครูแนะนำขั้นตอนการศึกษาภาพเคลื่อนไหวของ สสวท โดยการสแกน QR Code โดยนักเรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 5 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการสังเกตการปฏิบัติการสอนจะเห็นว่าครูอารย์อธิบายการใช้การใช้ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลของ สสวท ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแบบบันทึกภาคสนามซึ่งครูอารย์สามารถแนะนำแนวปฏิบัติเมื่อนักเรียนพบปัญหาในการใช้เทคโนโลยี สะท้อนให้เห็นว่าครูอารย์มีความรู้ด้านเทคโนโลยีจึงทำให้ความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งครูอารย์สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ไม่ว่าจะเป็นภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่แสดงการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับกรดและโลหะกับเบส รวมทั้งแอปพลิเคชัน Beaker ที่แสดงการทำปฏิกิริยาเคมีที่หลากหลาย

เมื่อครูอารย์ได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนในด้านการใช้เทคโนโลยี พบว่า ครูอารย์มีการรับรู้ว่าตนเองมีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยี ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...ในส่วนการใช้สื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ ก็รู้สึกว่าคุณเองมีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีแต่ละอย่างมากค่ะ ไม่ว่าจะเป็นขั้นการใช้เข้าไปศึกษาแอนิเมชันจากการสแกน QR Code หรือการใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในการตรวจสอบสมการเคมี แล้วเวลานักเรียนมีปัญหาหรือข้อสงสัยเราสามารถแนะนำการแก้ไขได้จากประสบการณ์ที่เราเคยใช้เทคโนโลยีเหล่านี้มา

(ครูอารย์, การสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอน สะท้อนให้เห็นว่าครูอารย์มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน โดยสามารถใช้และอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ในการใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งแนะนำแนวปฏิบัติเมื่อผู้เรียนพบปัญหาหรือมีข้อสงสัยในการใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้อง

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการที่ครูอารย์มีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี จึงส่งผลให้เรียนรู้การใช้เทคโนโลยีได้อย่างรวดเร็ว สะท้อนให้เห็นว่าครูอารย์มีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่หลากหลายจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

4. ครูพัฒนาความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นสำรวจและค้นหารวมทั้งใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้ของผู้เรียน

ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีเป็นความรู้ในการจัดการเรียนรู้โดยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน ซึ่งในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี ครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นสร้างความสนใจ ชั้นสำรวจและค้นหา และชั้นประเมิน จากการบันทึกภาคสนามในแสดงความคิดเห็นของครูอารีย์ พบว่า ครูอารีย์จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีที่ใช้กับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครูอารีย์จะแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาใช้ เช่น การจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมนักเรียนมองไม่เห็นควรนำสื่อเทคโนโลยีที่แสดงให้เห็นระดับโมเลกุลมาช่วย แล้วจึงวิเคราะห์ว่าขั้นตอนการสอนใดบ้างที่จะใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

...กิจกรรมจะออกแบบให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมจากการแสดงความคิดเห็นผ่านแอป Jamboard เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน จากนั้นชั้นสำรวจนักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงและอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลโดยศึกษาจากแอนิเมชัน และศึกษาสมการเคมีจากโปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ซึ่งเรามองแล้วว่าเทคโนโลยี 2 ประเภทนี้เป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาอธิบายแนวคิดเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ส่วนชั้นประเมินก็ใช้แอปพลิเคชัน Plickers

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและการสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครูอารีย์จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในชั้นกระตุ้นความสนใจเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม ส่วนสำคัญคือการใช้เทคโนโลยีในชั้นสำรวจและค้นหา โดยนักเรียนใช้ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความสอดคล้องของตัวแทนความคิดระดับ

จุลภาค การใช้แอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมี รวมทั้งการใช้โปรแกรม PhET เพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับหลักการดุลสมการเคมี นอกจากนี้ในชั้นประเมิน ครูอารีย์ยังใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์สามารถออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการออกแบบบทเรียนเรื่องกฎทรงมวล ครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนรู้ชั้น สร้างความสนใจ ชั้นสำรวจและค้นหา และชั้นประเมิน จากการบันทึกภาคสนามในแสดงความคิดเห็นของครูอารีย์ พบว่า ครูอารีย์จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีที่ใช้กับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกฎทรงมวล ครูอารีย์จะพิจารณาสื่อเทคโนโลยีที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนทำความเข้าใจแนวคิดในระดับโมเลกุล เช่น จำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันของสารตั้งต้นต้องมีจำนวนเท่ากับผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงวิเคราะห์ว่าเทคโนโลยีที่ใช้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนใดบ้าง

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

...การสอนเรื่องกฎทรงมวล ก็ได้ออกแบบกิจกรรมโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย เริ่มจากชั้นสร้างความสนใจ พยายามใช้เทคโนโลยีที่กระตุ้นความสนใจโดยให้นักเรียนใช้แอป Jamboard ในการแสดงความคิด เราก็จะได้ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนไปด้วย สิ่งสำคัญคือนักเรียนจะเข้าใจแนวคิดกฎทรงมวลได้ยังไง ก็จะใช้การสืบเสาะจากการทดลองและการแสดงตัวแทนความคิดในชั้นสำรวจและค้นหา โดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ เช่น ตัวแอนิเมชันจากเว็บ ACS แอปพลิเคชัน Beaker ในส่วนการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในชั้นประเมินก็จะใช้แอป Plickers ซึ่งก็ใช้ได้ผลดีต่อการที่นักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับทันทีส่วนตัวครูก็ได้ข้อมูลเชิงสถิติทันทีค่ะ

(ครูอารีย์, การสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าการออกแบบออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องกฎทรงมวล ครูอารีย์จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในชั้นกระตุ้นความสนใจเพื่อตรวจสอบความรู้

เดิม ส่วนสำคัญคือการใช้เทคโนโลยีในชั้นสำรวจและค้นหา โดยนักเรียนใช้เว็บไซต์ ACS เพื่อศึกษา ภาพเคลื่อนไหวเกี่ยวกับกฎทรงมวลในระดับโมเลกุล และใช้แอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมี นอกจากนี้ในชั้นประเมิน ครูอารีย์ยังใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์สามารถออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการออกแบบบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นสร้างความสนใจ ชั้นสำรวจและค้นหา และชั้นประเมิน จากการบินที่ภาคสนามในแสดงความคิดเห็นของครูอารีย์พบว่า ครูอารีย์จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีที่ใช้กับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ดังตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและการสะท้อนการปฏิบัติการสอน

...การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูอารีย์จะแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาใช้ เช่น การจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่แสดงให้เห็นระดับโมเลกุลมาช่วย แล้วจึงมาวิเคราะห์ว่าขั้นตอนการสอนใดบ้างที่จะใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 3 กุมภาพันธ์ 2564)

...การใช้เทคโนโลยีในการสอนก็ต้องมาคิดว่าเทคโนโลยีที่จะเอามาใช้ควรอยู่ในขั้นตอนใดบ้าง เช่น แอนิเมชันระดับโมเลกุลและแอปพลิเคชัน Beaker นักเรียนควรใช้ในชั้นสำรวจและค้นหา เพื่อตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ แอปพลิเคชัน Jamboard ควรใช้ในชั้นสร้างความสนใจเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ภาพเคลื่อนไหวและแอปพลิเคชัน Beaker ควรอยู่ในชั้นสำรวจเพื่อตรวจสอบตัวแทนความคิด และแอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนในชั้นประเมิน

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 3 กุมภาพันธ์ 2564)

จากตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามและการสะท้อนการปฏิบัติการสอน จะเห็นได้ว่าในการออกแบบออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครูอารีย์จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอนและ

เทคโนโลยี โดยใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในขั้นกระตุ้นความสนใจเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม ส่วนสำคัญคือการใช้เทคโนโลยีในขั้นสำรวจและค้นหา โดยนักเรียนใช้ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความสอดคล้องของตัวแทนความคิดระดับจุลภาค การใช้แอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมี นอกจากนี้ในขั้นประเมิน ครูอารีย์ยังใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์สามารถออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ดังนั้นในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูอารีย์วิเคราะห์ประเด็นการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์สามารถบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีและความรู้ในวิธีสอนในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายและเหมาะสมกับวิธีสอนจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี

5. ครูพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากการที่ได้ลงมือปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้และตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียน

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 1 เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้เดิมและความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียน รวมทั้งเน้นให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) และส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ในขั้นสำรวจเพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ขั้นสร้างความสนใจ นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่รู้จักผ่านแอปพลิเคชัน Jamboard ทำให้รับรู้ความรู้เดิมของผู้เรียน

ขั้นสำรวจ นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีและแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลโดยการวาดภาพและเขียนสมการเคมี จากนั้นแสกน QR Code เพื่อตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับจุลภาค และใช้แอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์

ชั้นประเมิน ครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 5 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสร้างความสนใจ ครูอารีย์ใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ในชั้นสำรวจนักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ โดยใช้โปรแกรม PhET ศึกษาการดุลสมการเคมี และใช้ภาพเคลื่อนไหวรวมทั้งแอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบตัวแทนความคิด และชั้นประเมินครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดของผู้เรียน สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนรวมทั้งยังใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน

เมื่อวิเคราะห์ผลการสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ในชั้นสำรวจครูอารีย์ให้นักเรียนแสดงการจัดเรียงตัวของอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี จากนั้นจึงนำมาแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนกลุ่มอื่น และใช้ภาพเคลื่อนไหวและแอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแทนความคิด ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและบันทึกภาคสนาม

...นักเรียนลองยกตัวอย่างปฏิกิริยาในชีวิตประจำวันแล้วส่งในแอปพลิเคชัน Jamboard

นักเรียนสแกน QR Code เพื่อดูแอนิเมชันปฏิกิริยาในระดับโมเลกุล

ให้นักเรียนชูแผ่น QR Code ที่เป็นคำตอบของนักเรียนนะคะ ครูจะสแกนคำตอบ

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

...ในชั้นสร้างความสนใจ ครูใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ในชั้นสำรวจนักเรียนทำการทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและกรดไฮโดรคลอริก นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงคือมีแก๊สเกิดขึ้น จากนั้นนักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลโดยช่วยกันคิดเป็นคู่แล้วนำไปอภิปรายร่วมกันเพื่อนคู่อื่น ๆ และศึกษาแอนิเมชันเพื่อปรับตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลของตัวเองให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งครูอารีย์ได้ให้นักเรียนใช้โปรแกรม PhET เพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการดุลสมการเคมีและใช้แอปพลิเคชัน Beaker

ตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมี ในชั้นประเมิน ครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่าครูอารีย์ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความรู้อีกโดยใช้แอปพลิเคชัน Jamboard และใช้เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนจะทำการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ โดยใช้ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลและแอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบและปรับปรุงตัวแทนความคิด รวมทั้งนักเรียนได้ศึกษาสมการเคมีและการดุลสมการเคมีจากโปรแกรม PhET สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนรวมทั้งยังใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน



ภาพ 52 การจัดการเรียนการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีของครูอารีย์

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 เรื่องกฎทรงมวล จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้พบว่า ครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นสร้างความสนใจ ครูใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้อีกของผู้เรียน ชั้นสำรวจผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้ และชั้นประเมินครูใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ขั้นสร้างความสนใจ ครูใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน

ขั้นสำรวจ นักเรียนปฏิบัติการทดลองโดยร่วมกันออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบว่ามวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาและหลังเกิดปฏิกิริยาเท่ากันหรือไม่ เมื่อนักเรียนบันทึกผลการทดลอง ครูใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนว่า นักเรียนสามารถอธิบายกฎทรงมวลจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลได้อย่างไรและสมการเคมีแสดงอย่างไร โดยให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ในใบกิจกรรมโดยให้ทำกิจกรรมนี้เป็นคู่ จากนั้นนำตัวแทนความคิดไปอภิปรายกับเพื่อนคู่อื่น ๆ แล้วจึงศึกษาปฏิกิริยาเคมีจากภาพเคลื่อนไหวและแอปพลิเคชัน Beaker พร้อมทั้งตรวจสอบกับตัวแทนความคิดของตัวเองหากไม่สอดคล้องให้ทำการปรับปรุงตัวแทนความคิด

ขั้นประเมิน ครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า ในขั้นสร้างความสนใจครูใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ขั้นสำรวจผู้เรียนได้แสดงตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลที่แสดงถึงกฎทรงมวล และตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ในรูปแบบสมการเคมี แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และให้นักเรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวเกี่ยวกับกฎทรงมวลและศึกษาแอปพลิเคชัน Beaker โดยเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและภาพเคลื่อนไหว พร้อมทั้งระบุสิ่งที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น กิจกรรมนี้ผู้เรียนได้แสดงตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาค ซึ่งผู้เรียนได้ใช้ภาพเคลื่อนไหวเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ รวมทั้งใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในการตรวจสอบความถูกต้องของการเขียนสมการเคมีซึ่งเป็นตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์ และในขั้นประเมินครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน

เมื่อวิเคราะห์แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูอารีย์ปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ จุดเด่นที่เห็นได้ชัดของครูอารีย์ในการปฏิบัติการสอนคือการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงตัวแทนความคิด 3 ระดับ เพื่ออธิบายเรื่องกฎทรงมวล ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและบันทึกภาคสนาม

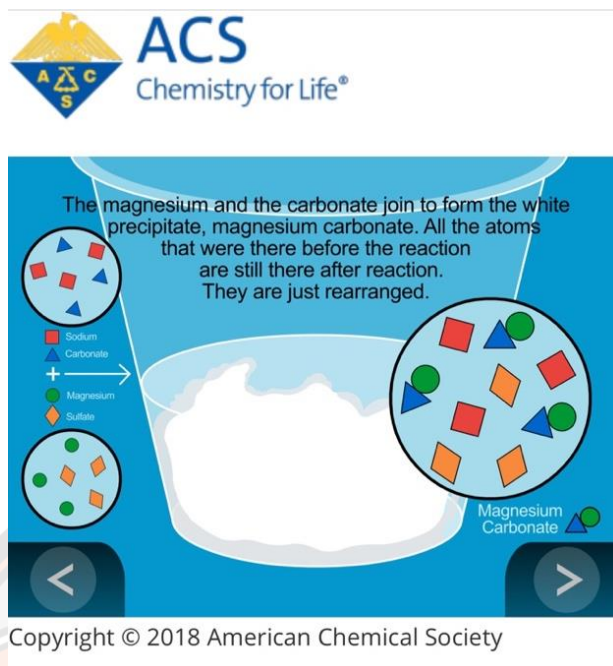
...นักเรียนลองวาดภาพที่แสดงถึงกฎทรงมวลในระดับโมเลกุลนะคะ แล้วก็เขียนสมการเคมีด้วย เสร็จแล้วเราลองเอาภาพที่เราวาดและสมการเคมีไปแลกเปลี่ยนกับเพื่อนว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร จากนั้นศึกษาภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลเรื่องกฎทรงมวลจากลิงก์ที่ครูส่งให้รวมทั้งตรวจสอบสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 12 มกราคม 2564)

...ครูใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ตรวจสอบความรู้เดิม นักเรียนได้สืบเสาะในชั้นสำรวจโดยการทดลองและการสร้างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ โดยครูอารีย์สร้างข้อตกลงก่อนที่นักเรียนจะแสดงตัวแทนความคิด เช่น ใช้วงกลมแทนอะตอมของธาตุต่าง ๆ โดยให้นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดเป็นคู่ เสร็จแล้วเอาไปอภิปรายกับเพื่อนคู่อื่น ๆ และดูแอนิเมชัน ส่วนใหญ่มีจุดบกพร่อง นักเรียนได้เขียนลงในใบกิจกรรมว่าตัวแทนความคิดของตนเองไม่สอดคล้องตรงไหน แล้วก็ปรับปรุงให้ถูกต้อง รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker เมื่อถึงขั้นประเมินครูให้นักเรียนแสดง QR Code และสแกนคำตอบโดยใช้แอปพลิเคชัน Plickers

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนามการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและการบันทึกภาคสนามจะเห็นได้ว่าครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้เดิมและความเข้าใจของผู้เรียน อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น



ภาพ 53 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลที่ครูอารีย์ใช้ในการสอนเรื่องกฎทรงมวล



ภาพ 54 การจัดการเรียนการสอนเรื่อง กฎทรงมวลของครูอารีย์

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 3 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ในขั้นสร้างความสนใจครูอารย์ใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้เดิมและประเมินความเข้าใจของผู้เรียน และในขั้นสำรวจผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะเพื่อสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ขั้นสร้างความสนใจ ครูใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน

ขั้นสำรวจ นักเรียนปฏิบัติการทดลองการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนว่า นักเรียนสามารถอธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลได้อย่างไรและเขียนสมการเคมีได้อย่างไร โดยให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในใบกิจกรรม จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนและแลกเปลี่ยนความคิดในประเด็นความเหมือนและความแตกต่าง แล้วจึงศึกษาปฏิกิริยาดังกล่าวจากภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลและแอปพลิเคชัน Beaker พร้อมทั้งตรวจสอบความสอดคล้อง

ขั้นประเมิน ครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน

(ครูอารย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า ขั้นสร้างความสนใจ ครูใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ในขั้นสำรวจผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลจากการทดลองการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและแสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ในรูปแบบสมการเคมี แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วจึงศึกษาภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลและเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและภาพเคลื่อนไหว พร้อมทั้งระบุสิ่งที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น กิจกรรมนี้ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ และขั้นประเมินครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียน ซึ่งทำให้ได้รับข้อมูลย้อนกลับอย่างรวดเร็วและสะดวกต่อการประมวลผล

เมื่อวิเคราะห์แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน โดยใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในกิจกรรมขั้นสำรวจ นักเรียนได้แสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุลและระดับสัญลักษณ์และทำการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและของเพื่อน จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาภาพเคลื่อนไหวที่แสดงถึงการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลและใช้โปรแกรม Beaker ในการศึกษาตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ พร้อมทั้งปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ครูยังใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียน ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและบันทึกภาคสนาม

...ให้นักเรียนพิมพ์ในแอป Jamboard ส่งมานะคะ เมื่อเรารู้สึกร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนแบบใด

นักเรียนลองแสดงปฏิกิริยาเคมีที่ได้ทดลองไปว่ามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอย่างไรในระดับโมเลกุล โดยต้องแสดงให้เห็นถึง ระบบ สิ่งแวดล้อม และอุณหภูมินะคะ

เสร็จแล้วลองเอาไปแลกเปลี่ยนกับของเพื่อนคู่อื่น ว่าไอเดียของเพื่อนเหมือนหรือต่างกับของเรายังไง

จากนั้นนักเรียนสแกน QR Code แล้วศึกษาแอนิเมชันการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุล แล้วเปรียบเทียบกับของเรา ส่วนไหนที่ไม่สอดคล้องให้นักเรียนบันทึกลงใบกิจกรรมและปรับปรุงใหม่ให้ถูกต้อง

นักเรียนชูป้าย QR Code ด้านที่เป็นคำตอบดี ๆ นะ ครูจะสแกนคำตอบลงในแอปแล้ว

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 12 มกราคม 2564)

...ครูตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนโดยใช้แอปพลิเคชัน Jamboard และใช้คำถามว่าจากการทดลองถ้ามองระดับโมเลกุลจะเป็นอย่างไร กำหนดว่าต้องแสดง ระบบ สิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ โดยให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและเขียนสมการเคมี โดยทำกิจกรรมนี้เป็นคู่ จากนั้นเอาตัวแทนความคิดไปอภิปรายกับเพื่อนกลุ่มอื่น แล้วจึงศึกษาแอนิเมชันเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ลักษณะสำคัญและปรับปรุงตัวแทนความคิด ในการประเมินความเข้าใจของนักเรียนครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers โดยการสแกนป้าย QR Code ที่นักเรียนชูแสดงคำตอบ

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบสังเกตการปฏิบัติการสอนและแบบบันทึกภาคสนามจะเห็นได้ว่าครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการสร้างตัวแทนความคิดที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความเข้าใจของตนเองก่อนแล้วจึงใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน



ภาพ 55 การจัดการเรียนการสอนเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

ในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 4 เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ จากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ในขั้นสร้างความสนใจครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้เดิมและประเมินความเข้าใจของผู้เรียน และในขั้นสำรวจผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะเพื่อสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

...ขั้นสร้างความสนใจ ครูใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน

ขั้นสำรวจ นักเรียนปฏิบัติการทดลองปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ และใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนว่า นักเรียนสามารถอธิบายการปฏิกิริยาระหว่างกรดกับ

โลหะและเบสกับโลหะในระดับโมเลกุลได้อย่างไร โดยให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุลลงใบกิจกรรม จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนและแลกเปลี่ยนความคิดในประเด็นความเหมือนและความแตกต่าง แล้วจึงศึกษาปฏิกิริยาดังกล่าวจากภาพเคลื่อนไหวพร้อมกับตรวจสอบกับตัวแทนความคิดของตนเองหากไม่สอดคล้องให้ทำการปรับปรุงตัวแทนความคิด

ขั้นประเมิน ครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน

(ครูอารีย์, แผนการจัดการเรียนรู้, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า ขั้นสร้างความสนใจ ครูใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ในขั้นสำรวจผู้เรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลจากการทดลองการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและแสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ในรูปแบบสมการเคมี แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวแทนความคิดของเพื่อนว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วจึงศึกษาภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลและเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและภาพเคลื่อนไหว พร้อมทั้งระบุสิ่งที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น กิจกรรมนี้ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ และขั้นประเมินครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียน ซึ่งทำให้ได้รับข้อมูลย้อนกลับอย่างรวดเร็วและสะดวกต่อการประมวลผล

เมื่อวิเคราะห์แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน พบว่า ครูตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนโดยใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในกิจกรรมขั้นสำรวจ นักเรียนได้แสดงตัวแทนความคิดในระดับโมเลกุลและระดับสัญลักษณ์และทำการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและของเพื่อน จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาภาพเคลื่อนไหวที่แสดงถึงปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะในระดับโมเลกุลและใช้โปรแกรม Beaker ในการศึกษาตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ พร้อมทั้งปรับปรุงตัวแทนความคิดให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ครูยังใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียน ดังตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและบันทึกภาคสนาม

...ครูใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียน โดยใช้แอปพลิเคชัน Jamboard เมื่อนักเรียนทดลองเสร็จแล้ว ได้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลโดยการวาดภาพพร้อมทั้งเขียนสมการเคมี จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับของเพื่อนดูความเหมือน ความต่าง แล้วจึงไป

ศึกษาภาพเคลื่อนไหวปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะในระดับโมเลกุลและตรวจสอบความถูกต้องสมการเคมีโดยใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในชั้นประเมินครูใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียน

(ครูอารีย์, แบบสังเกตการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

...ครูเริ่มจากการคำถามนำเข้าสู่บทเรียนผ่าน แอปพลิเคชัน Jamboard ในชั้นสำรวจครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดต่อว่า การเกิดปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลเป็นอย่างไรและเขียนสมการเคมีได้อย่างไร นักเรียนวาดภาพในระดับโมเลกุลและเขียนสมการเคมี จากนั้นนำไปแลกเปลี่ยนกับเพื่อนคู่อื่น ๆ และศึกษาการเกิดปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลจากแอนิเมชันแล้วจึงปรับปรุงตัวแทนความคิด รวมทั้งนักเรียนใช้ แอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบความถูกต้องของสมการเคมี รวมทั้งใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียน

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการปฏิบัติการสอนและการบันทึกภาคสนามจะเห็นได้ว่าครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ สอดคล้องกับกระบวนการสร้างตัวแทนความคิดที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความเข้าใจของตนเองก่อนแล้วจึงใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ได้ต่อเนื่อง



ภาพ 56 การจัดการเรียนการสอนเรื่อง ปฏิกริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

ดังนั้นจากการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์ทั้ง 4 ครั้ง ได้แก่ เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ จะเห็นได้ว่าครูอารีย์ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้เดิม และแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน รวมทั้งเน้นให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อสนับสนุนในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยีได้จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน

6. การมีบทบาทในการแสดงความคิดเห็นในชั้นสะท้อนและปรับปรุงบทเรียนส่งผลให้ครูพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

จากการสะท้อนและประเมินบทเรียนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครั้งที่ 1 พบว่า การใช้ภาพเคลื่อนไหวที่แสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุลไม่สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดในชั้นสำรวจ และครูใช้โปรแกรม PhET ในลักษณะของการบรรยายในชั้นอธิบายทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอะตอมของธาตุของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ รวมถึงครูให้นักเรียนใช้แอปพลิเคชัน Beaker ในการเขียนสมการเคมีโดยที่นักเรียนไม่ได้ใช้ความเข้าใจในการเขียนสมการเคมีก่อน ครูอารีย์จึงได้แสดงความคิดเห็นในการปรับการใช้เทคโนโลยีในการสอน ดังตัวอย่างการสนทนาระหว่างการปรับปรุงบทเรียนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

...ครูอารีย์: ตัวแอนิเมชันคือมันตรงกับปฏิกิริยาที่นักเรียนทดลองแล้ว แต่หนูว่าลองปรับมาให้ให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดของตัวเองก่อนแล้วค่อยมาดูแอนิเมชันนี้เพื่อที่นักเรียนจะได้เห็นลักษณะสำคัญและความแตกต่าง แล้วเอาไปปรับปรุงตัวแทนความคิดค่ะ

ครูวีณา: พี่เห็นด้วยค่ะ แล้วโปรแกรม PhET กับแอป Beaker เราปรับไหมคะ อย่างที่เราทำมาคือ ใช้โปรแกรม PhET อธิบายการดุลสมการเคมีเหมือนนักเรียนไม่ได้ใช้ตัวนี้สับสนเลยคะ

ครูอารีย์: หนูว่าเราลองปรับมาให้ให้นักเรียนเค้าสังเกตจำนวนอะตอมในโปรแกรมก่อนดีไหมคะ แล้วค่อยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึงความเท่ากันของจำนวนอะตอม

ครูวีณา: ก็ดีค่ะ ส่วนแอป Beaker พี่ว่าตอนทำไปกิจกรรมเหมือนเด็กใช้แอปเขียนสมการเคมี โดยที่ไม่ได้คิดก่อน เราปรับมาเด็กลองเขียนสมการเคมีไปพร้อมกับตัวแทนความคิดระดับโมเลกุล แล้วถึงใช้แอป Beaker ตรวจสอบดีไหมคะ ก็คือเด็กจะได้แสดงตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลและสัญลักษณ์ไปด้วยกันเลย

ครูอารีย์: โอเคค่ะ หนูเห็นด้วย งั้นเราปรับในแผนเลยนะคะ

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการสนทนาในการประเมินและสะท้อนบทเรียน จะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหา ตัวอย่างเช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลเพื่อให้นักเรียนเข้าใจการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี การใช้โปรแกรม PhET เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการดุลสมการเคมี การใช้แอปพลิเคชัน Beaker เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบการเขียนสมการเคมี สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ด้านเทคโนโลยีและความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ประกอบกับครูอารีย์เข้าใจเป้าหมายในการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะ ตัวอย่างเช่น การใช้ภาพเคลื่อนไหว โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในขั้นสำรวจ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้ รวมถึงการใช้แอปพลิเคชัน Plickers ในการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนในขั้นประเมิน สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี

เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการสะท้อนและประเมินบทเรียน ครูอารีย์สะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเอง โดยสะท้อนว่าตนเองใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์

...ก็คิดว่าได้ใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนนะค่ะ เอาด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหาก่อนนะค่ะ ก็ได้ใช้ตัวแอนิเมชันให้นักเรียนตรวจสอบตัวแทนความคิดที่แสดงถึงการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถแสดงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคได้ ตัวโปรแกรม PhET ใช้สอนในเรื่องการดุลสมการเคมี คือให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอะตอมของธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์กับความสมดุลของตาชั่งในโปรแกรม ตรงนักเรียนจะได้หลักการดุลสมการเคมีไปในตัว ส่วนแอปพลิเคชัน Beaker นักเรียนจะใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการเขียนสมการเคมีค่ะ ในด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอน ก็จะไม่ได้อัพทุกขั้นของ 5E นะค่ะ ส่วนใหญ่จะเน้นให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในขั้นสำรวจค่ะ ไม่ว่าจะเป็นตัวแอนิเมชัน โปรแกรม PhET แล้วก็แอป Beaker ในขั้นสร้างความสนใจก็ใช้ Jamboard ในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และในขั้นประเมินก็ใช้แอป Plickers ในการประเมินความเข้าใจของนักเรียนค่ะ ปัญหาที่พบเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีก็จะเป็นเรื่องความเร็วของสัญญาณอินเทอร์เน็ตในบางเครือข่าย ซึ่งก็ได้แก้ปัญหาโดยการแชร์สัญญาณอินเทอร์เน็ตเครือข่ายที่เสถียรให้นักเรียนใช้ค่ะ

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

จากการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์จะเห็นว่าครูอารีย์เลือกใช้เทคโนโลยีได้สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีและส่วนใหญ่ครูอารีย์ให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้ในขั้นสำรวจ รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนในขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียนในขั้นประเมิน

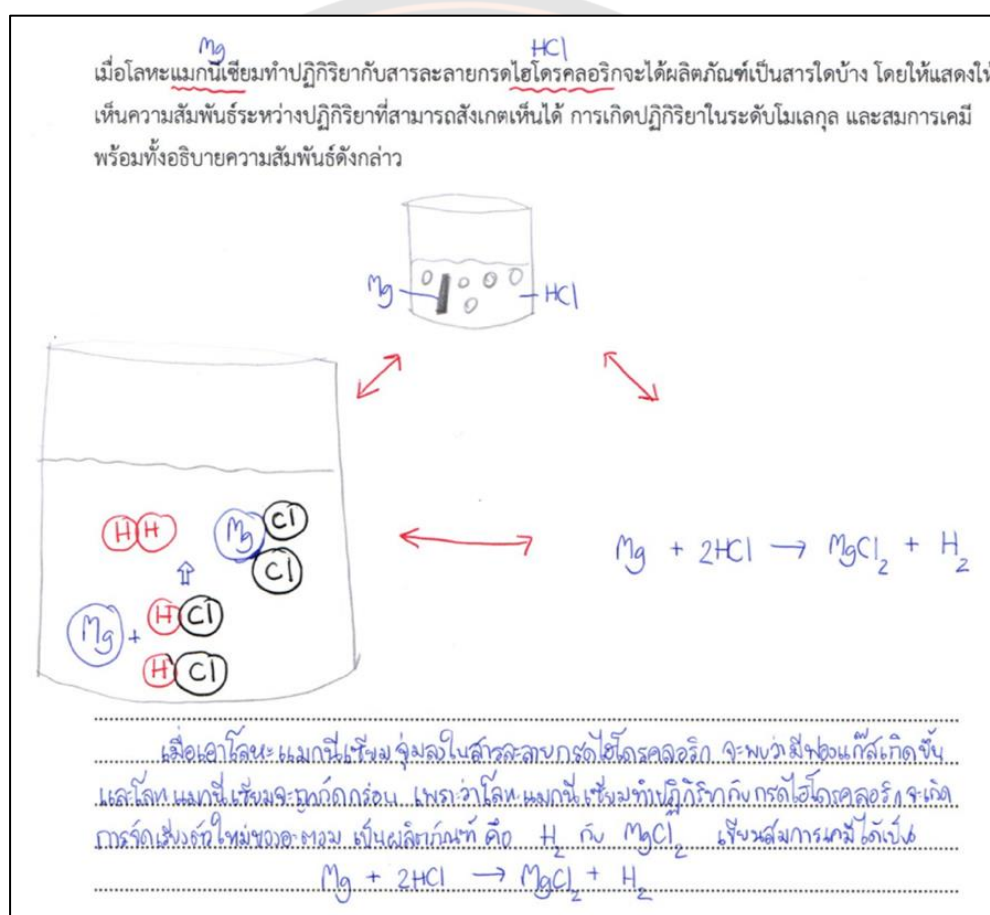
เมื่อครูวีณาได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์ ครูวีณามองว่าการสอนโดยใช้เทคโนโลยีของครูวีณามีความสอดคล้องกันระหว่าง เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวีณา

...ครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนมากค่ะ ตัวสื่อแอนิเมชันระดับโมเลกุลก็ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี โปรแกรม PhET นี้ นักเรียนจะเห็นภาพจำนวนอะตอมของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทำให้เข้าใจเรื่องการดุลสมการเคมี ส่วนแอป Beaker นักเรียนจะได้ฝึกสังเกตสูตรโมเลกุลของสารต่าง ๆ ให้เช็คความถูกต้องของการเขียนสมการเคมี ส่วนใหญ่ครูอารีย์จะให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในขั้นสำรวจค่ะ ส่วนเทคโนโลยีตัวอื่น เช่น PowerPoint ก็ใช้แสดงการปฏิบัติ

กิจกรรมต่าง ๆ และข้อสรุป ตอนเริ่มการสอนก็ใช้ Jamboard ในการเช็คความรู้นักเรียน ก่อนเข้าเนื้อหา สุดท้ายในขั้นประเมินก็ใช้ Plickers สแกนคำตอบนักเรียนค่ะ

(ครูวีณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูวีณาสะท้อนการสอนของครูอารีย์ที่ใช้เทคโนโลยีได้จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน รวมทั้งผู้เรียนสามารถแสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้อย่างถูกต้อง ดังภาพ 57



ภาพ 57 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากตัวอย่างใบกิจกรรม จะเห็นได้ว่าผู้เรียนสามารถแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับได้รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ในการสะท้อนและประเมินบทเรียนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ครั้งที่ 2 ครูอารีย์และครูวิณา ได้นำใบกิจกรรมของนักเรียนมาพิจารณา พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้สมการเคมีและอธิบายการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมโดยใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคได้ ร้อยละ 65 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในเป้าหมายของการพัฒนาบทเรียน คือร้อยละ 60 ในส่วนปัญหาเรื่องการบริหารจัดการเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน ครูอารีย์และครูวิณาได้ร่วมกันหาแนวทางแก้ไข โดยในขั้นตอนการสร้างตัวแทนความคิดครูควรใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ นักเรียนสามารถลงมือสร้างตัวแทนความคิดได้ภายในเวลาที่กำหนด ดังตัวอย่างการสนทนา ระหว่างการปรับปรุงบทเรียน

...ครูอารีย์: ปัญหาที่เจอก็คือหนูสอนเกินเวลาไปเยอะค่ะ เกือบ 15 นาที ตอนสอน หนูรู้สึกว่าตรงกิจกรรมให้นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดค่อนข้างใช้เวลาเยอะไป

ครูวิณา: เท่าที่พี่สังเกตก็ตรงนี้แหละค่ะ เหมือนนักเรียนยังไม่ค่อยคุ้นเคยในการแสดงตัวแทนความคิดถึงจะปรับจากตอนที่พี่สอนโดยให้ทำเป็นคู่ พี่เสนอว่าอาจจะต้องคอยเดินดูแล้วใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนใหม่ เช่น นักเรียนคิดว่าเวลาอะตอมของธาตุรวมตัวกันเป็นสารนี้ จะมีลักษณะยังไง

ครูอารีย์: ค่ะพี่ เพราะหนูก็เห็นว่าบางคู่คือ ใช้เวลาคิดค่อนข้างนาน

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างการสะท้อนบทเรียนครั้งที่ 2 จะเห็นได้ว่าครูอารีย์และครูวิณาพบปัญหาในด้านการบริหารจัดการเวลา ซึ่งต้องปรับในกิจกรรมการสร้างตัวแทนความคิดโดยใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้นจากการสะท้อนบทเรียนและปรับปรุงบทเรียนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้ครูอารีย์เห็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนและได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ออกจากการนำความรู้ที่ได้จากบทความวิจัยมาร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีจนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ในการสะท้อนและประเมินบทเรียนเรื่องกฎทรงมวล ครั้งที่ 2 ครูอารีย์สะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเอง โดยสะท้อนว่าตนเองใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์

...จากที่ประเมินตัวเองก็คิดว่าใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ เริ่มจากนักเรียนจะตรวจสอบตัวแทนความคิดว่าสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ใหม่จากการดูแอนิเมชันในระดับโมเลกุลรวมถึงตรวจสอบสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker เมื่อถึงการประเมินจะใช้แอป Plickers เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งสะดวกและรวดเร็วมากค่ะ ส่วนปัญหาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีเท่าที่เห็นก็เหมือนเดิมค่ะ ช่วงเข้าเว็บ ACS จะช้าหน่อย เน็ตไม่ค่อยดีเท่าไร แต่ก็ไม่ได้ส่งผลอะไรมาค่ะ

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

เมื่อครูวีณาได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์ ได้สะท้อนว่าการสอนโดยใช้เทคโนโลยีของครูอารีย์มีความสอดคล้องระหว่าง เนื้อหา วิธีสอนและเทคโนโลยี ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวีณา

...เท่าที่สังเกตการสอนครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ นักเรียนได้ศึกษาลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องกฎทรงมวลจากแอนิเมชันในเว็บ ACS รวมถึงตรวจสอบสมการเคมีจากแอป Beaker พอมาใช้ครั้งที่ 2 นักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับแอปจึงใช้ได้คล่องขึ้น การประเมินความเข้าใจของนักเรียนก็ยังคงใช้แอป Plickers เพราะว่ามันใช้งานได้ง่ายทั้งต่อนักเรียนและครูผู้สอนค่ะ

(ครูวีณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างที่ครูวีณาการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูอารีย์สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเลือกวิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาและนักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อธิบายกฎทรงมวลได้ถูกต้อง ดังภาพ 58

จงอธิบายกฎทรงมวลจากผลการทดลองและแสดงภาพในระดับโมเลกุล พร้อมทั้งเขียนสมการเคมี

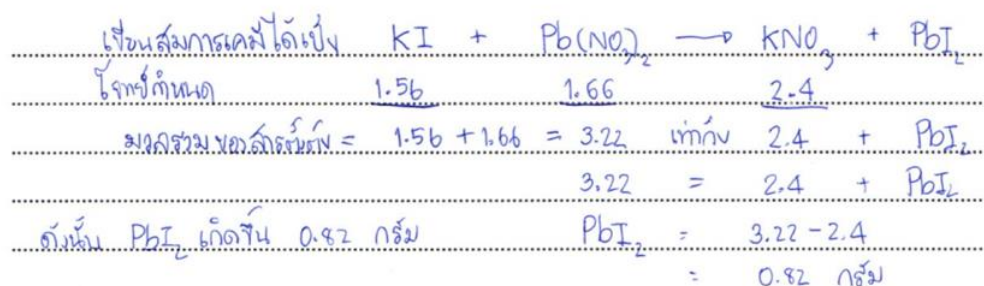
.....เมื่อทำการทดลองหาค่า CaCO_3 ใช้ในลูกโป่งไว้ที่ด้านในแล้วเอาลูกโป่งไปครอบปากขวดรูปชมพู่
 จากนั้นเรานำกรด HCl ... ไม่ไปห่อไว้ได้ 215.05g จากนั้นคั้นลูกโป่งไว้ให้เต็ม CaCO_3 ตกลงไปใน HCl จนทำให้เกิด
 ฟองแก๊ส และลูกโป่งก็ขยายพองขึ้น ... เมื่อฉีกไปห่อไว้ได้ 215.08g ซึ่งค่าใกล้เคียงกัน อันนี้ขอลงข้อสรุป
 แล้วกฎที่เรากำลังจะเกิดปฏิกิริยาค่าเท่ากัน ตามกฎทรงมวล เพราะว่าอะตอมของ H Cl Ca O C
 ไม่มีการเกิดหรือหายไปไหนเลยมันแค่เปลี่ยนสถานะเท่านั้น สมการเคมีคือ $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

ภาพ 58 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องกฎทรงมวล

จากตัวอย่างใบกิจกรรมข้างต้น จะเห็นได้ว่าผู้เรียนสามารถอธิบายกฎทรงมวลโดยใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ถูกต้อง โดยที่ผู้เรียนอธิบายผลการทดลองเพื่อเชื่อมโยงไปสู่แนวคิดเรื่องกฎทรงมวลโดยใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาคซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลการทดลองมวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับหลังเกิดปฏิกิริยา และใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคอธิบายถึงเหตุผลที่มวลของสารก่อนเกิดและหลังเกิดปฏิกิริยามีค่าเท่ากันเนื่องจากการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมรวมทั้งสื่อสารปฏิกิริยาที่ศึกษาด้วยตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ในรูปแบบของสมการเคมี แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับได้

เมื่อพิจารณาผลการนำความรู้เรื่องกฎทรงมวลไปใช้ในสถานการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในชั้นขยายความรู้ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องกฎทรงมวลมาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหามวลของสารที่เหลือในผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้อง ดังภาพ 59

สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1.56 กรัม ทำปฏิกิริยากับเลด (II) ไนเตรต 1.66 กรัม ได้เป็นโพแทสเซียมไนเตรตและเลด (II) ไอโอไดด์ ถ้ามีโพแทสเซียมไนเตรตเกิดขึ้น 2.4 กรัม อยากทราบว่า มีเลด (II) ไอโอไดด์เกิดขึ้นกี่กรัม



ภาพ 59 ใบกิจกรรมเรื่องกฎทรงมวล

จากภาพใบกิจกรรมจะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถเขียนสมการเคมีจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง คือ $\text{KI} + \text{Pb(NO}_3\text{)}_2 \longrightarrow \text{KNO}_3 + \text{PbI}_2$ และสามารถหามวลของสารผลิตภัณฑ์ที่เหลือ ได้แก่ PbI_2 ได้อย่างถูกต้อง โดยคำนวณมวลรวมของสารตั้งต้นก่อนแล้วจึงนำมาเทียบให้เท่ากับมวลรวมของสารผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถคำนวณมวลของสาร PbI_2 ได้ถูกต้องตามกฎทรงมวล แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดเรื่องกฎทรงมวลทำให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

ดังนั้นในการประเมินและสะท้อนบทเรียน ครูวิณาและครูอารีย์ได้นำผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนและใบกิจกรรมของผู้เรียนมาวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายแนวคิดเรื่องกฎทรงมวลโดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ แต่ยังมีปัญหาในเรื่องการบริหารจัดการเวลาในกิจกรรมการเรียนการสอน และร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้คำถามกระตุ้นในกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนออกแบบการทดลองเพื่อลดเวลาในกิจกรรมนี้ลง ดังตัวอย่างบันทึกภาคสนามการสนทนาระหว่างครูวิณาและครูอารีย์ในการประเมินและสะท้อนบทเรียนเรื่องกฎทรงมวล

...ครูอารีย์: ครั้งนี้ก็ยังสอนเกินเวลาอยู่ค่ะ ปัญหาที่น่าจะเป็นเรื่องเวลา คิดว่าตอนให้นักเรียนออกแบบการทดลอง ใช้เวลานานพอสมควร คือกว่านักเรียนจะช่วยกันคิดได้ว่าควรตัดแคลเซียมคาร์บอเนตใส่ลงในลูกโป่งแล้วเอามาครอบปากขวดรูปชมพู่ เราอาจจะต้องใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดตาม

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างบันทึกสนามการประเมินและสะท้อนบทเรียนเรื่องกฎทรงมวลครั้งที่ 2 จะเห็นได้ว่าบทเรียนเรื่องกฎทรงมวลสามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ แต่ควรบริหารจัดการเวลาในกิจกรรมการออกแบบการทดลองเพื่อให้สามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้ตามเวลาที่กำหนด ดังนั้นในการปฏิบัติการสอนครั้งที่ 2 ของครูอารีย์จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนและความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนอย่างต่อเนื่อง

เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการสะท้อนและประเมินบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีครั้งที่ 2 ครูอารีย์สะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเอง โดยสะท้อนว่าตนเองใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน นักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวตนความคิดทั้ง 3 ระดับได้ รวมทั้งนักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์

...การสอนเรื่องนี้ก็ได้ใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ จากกิจกรรมการทดลองนักเรียนจะแสดงตัวตนความคิดระดับมหภาค จากนั้นนักเรียนก็จะได้แสดงตัวตนความคิดระดับจุลภาคในปฏิกิริยาที่ทำการทดลองไปว่าสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยังไง แล้วจึงศึกษาแอนิเมชันในระดับโมเลกุลเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวตนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนการเขียนสมการเคมีนักเรียนก็ได้ใช้แอปพลิเคชัน Beaker ตรวจสอบความถูกต้อง ในขั้นอธิบายนักเรียนส่วนใหญ่ก็สามารถอธิบายแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนในปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ตัวตนความคิด 3 ระดับได้ถูกต้อง และในขั้นประเมินเราได้ใช้แอป Plickers ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

(ครูอารีย์, การสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

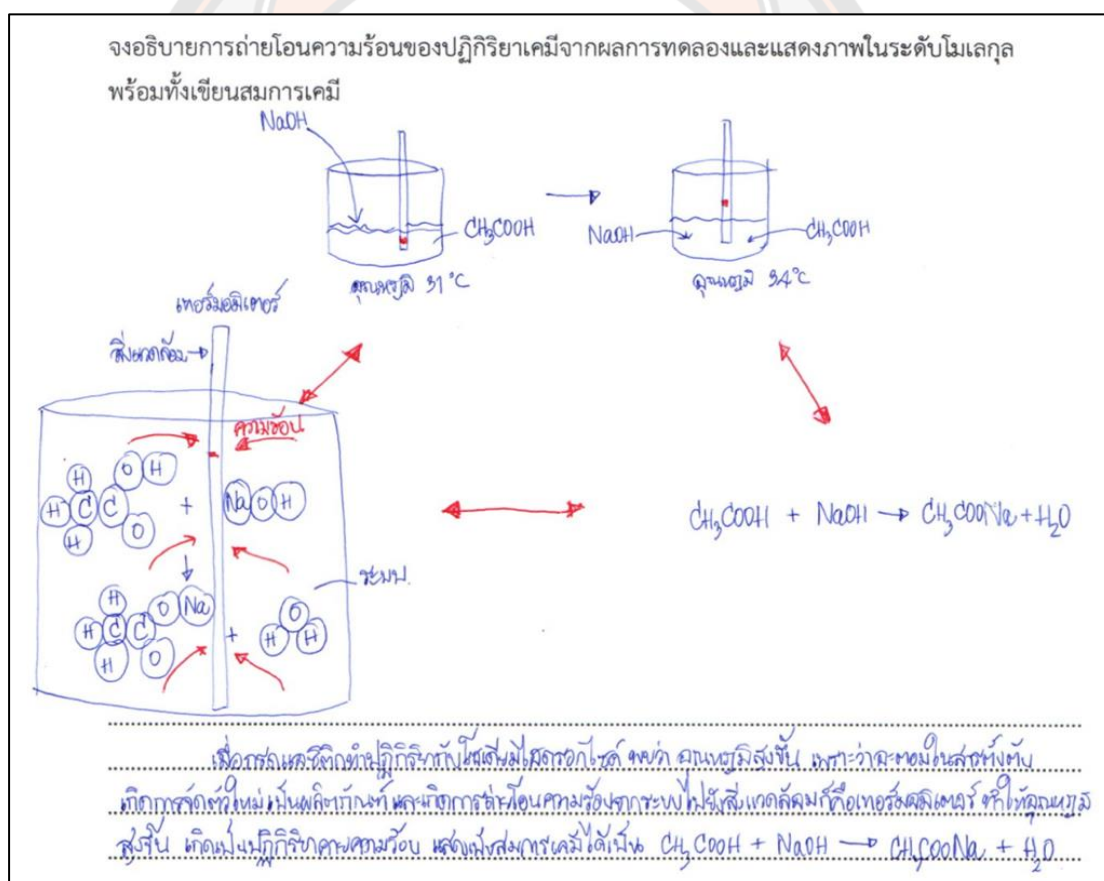
จากตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนจะเห็นว่าครูอารีย์เลือกใช้เทคโนโลยีได้สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี โดยใช้เทคโนโลยีในการสนับสนุนการแสดงตัวตนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ของผู้เรียน รวมทั้งมีความเหมาะสมกับวิธีสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา

เมื่อครูวิณาได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์ ครูวิณาสะท้อนว่าการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีกับเนื้อหาและวิธีสอนมีความสอดคล้องกันและนักเรียนสามารถอธิบายสาระสำคัญเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีได้รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวิณา

...ครูอารีย์สามารถบูรณาการเทคโนโลยีกับเนื้อหาและวิธีสอนได้อย่างเหมาะสม
 อย่างเช่น นักเรียนได้แสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับในชั้นสำรวจและค้นหาโดยใช้
 เทคโนโลยีเข้ามาช่วย และการนำเสนอในชั้นอธิบายนักเรียนก็สามารถอธิบายสาระสำคัญใน
 เรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้อง รวมทั้งนักเรียนส่วนใหญ่ยังสามารถ
 นำความรู้ไปอธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ในทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง

(ครูวีณา, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 19 มกราคม 2564)

เมื่อพิจารณาใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี พบว่า นักเรียน
 ส่วนใหญ่สามารถแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการ
 อธิบายการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ดังภาพ 60



ภาพ 60 ใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

จากตัวอย่างใบกิจกรรมแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีมาให้เหตุผลในการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง โดยผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์และเชื่อมโยงไปยังข้อมูลที่กำหนดให้รวมทั้งใช้แนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีมาอธิบายเหตุผล แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

ดังนั้นในการประเมินและสะท้อนบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี ครั้งที่ 2 ครูวิชาและครูอารีย์ได้นำผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนและใบกิจกรรมของผู้เรียนมาวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ รวมทั้งสามารถบริหารจัดการเวลาได้อย่างเหมาะสม ดังตัวอย่างบันทึกภาคสนามการสนทนาระหว่างครูวิชาและครูอารีย์ในการประเมินและสะท้อนบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี

...ครูวิชา: การใช้บทเรียนวันนี้ค่อนข้างโอเคนะคะ คุณเวลาได้ตามที่กำหนดคะ
 นักเรียนส่วนใหญ่แสดงตัวแทนความคิด 3 ระดับในการอธิบายผลการทดลองได้
 ครูอารีย์: ใช่คะ การกำกับกิจกรรมกับเวลาดีขึ้นพอสมควร
 ครูวิชา: พี่ดูแล้วในใบกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่ก็เข้าใจความสัมพันธ์ ระบบ
 สิ่งแวดล้อม แล้วก็อุณหภูมินะ พอทำข้อที่ต้องวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิส่วนใหญ่ก็ทำถูก
 (ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบบันทึกสนามในการประเมินและสะท้อนบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี จะเห็นได้ว่าบทเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีสามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ ดังนั้นในการปฏิบัติการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ในการสะท้อนและประเมินบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครั้งที่ 2 ครูอารีย์สะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเอง ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยีได้สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีสอน โดยนักเรียนสามารถใช้ตัวแทนความคิด 3 ระดับอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนตนเองของครูอารีย์

...คิดว่าบูรณาการเทคโนโลยีได้สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีสอนค่ะ ในชั้นสำรวจเมื่อนักเรียนได้ทำการทดลองแล้วจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดตัวแทนความคิดระดับมหภาค แล้วนักเรียนจะวาดภาพการเกิดปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลและศึกษาแอนิเมชันระดับโมเลกุลเพื่อดูความสอดคล้อง รวมทั้งตรวจสอบสมการเคมีจากแอปพลิเคชัน Beaker พอเข้าสู่ขั้นอธิบายนักเรียนก็จะสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้ตัวแทนความคิด 3 ระดับ ในชั้นขยายความรู้ นักเรียนนำความรู้ไปอธิบายการตัดสินใจในสถานการณ์ที่กำหนดได้ เมื่อถึงขั้นประเมินก็ใช้แอป Plickers ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

(ครูอารีย์, แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 3 กุมภาพันธ์ 2564)

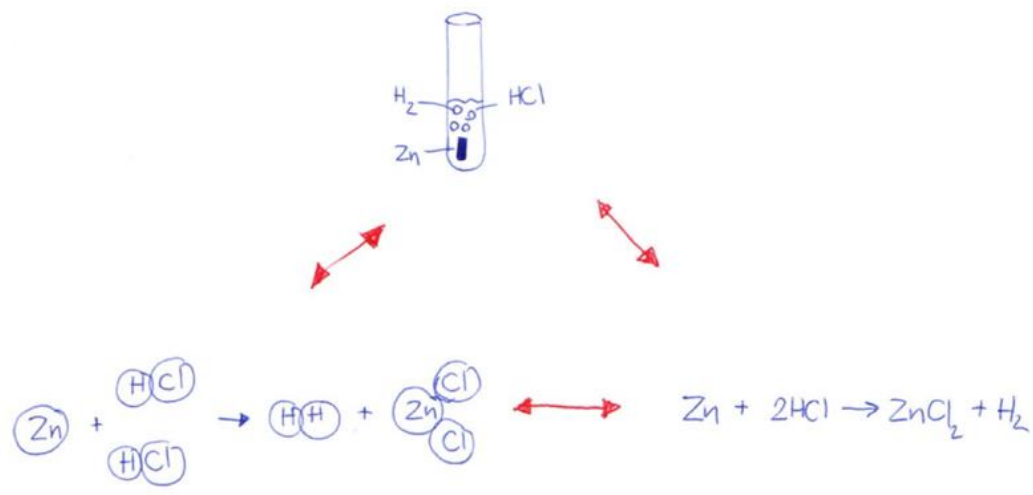
จากการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์จะเห็นว่าครูอารีย์เลือกใช้เทคโนโลยีได้สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ โดยนักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะเพื่อแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปรากฏการณ์และนักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันไปใช้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้

เมื่อครูวิณาได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูอารีย์ โดยสะท้อนว่าการสอนโดยใช้เทคโนโลยีของครูวิณามีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา วิธีสอนและเทคโนโลยี ดังตัวอย่างการสะท้อนการปฏิบัติการสอนของครูวิณาและตัวอย่างใบกิจกรรม

...ครูอารีย์จัดกิจกรรมที่สามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาและวิธีสอนได้เหมาะสมค่ะ เพราะในการสืบเสาะชั้นสำรวจนักเรียนได้ศึกษาตัวแอนิเมชันในระดับโมเลกุลรวมทั้งใช้แอป Beaker ในการตรวจสอบสมการเคมีซึ่งเป็นตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ จากการสังเกตนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดเพื่อมาอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ ส่วนขั้นประเมินก็ใช้แอป Plickers ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

(ครูวิณา, การสะท้อนการปฏิบัติการสอน, 5 มกราคม 2564)

จงอธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะจากผลการทดลองและแสดงภาพในระดับโมเลกุล พร้อมทั้งเขียนสมการเคมี



เมื่อนำแผ่นสังกะสีซึ่งอยู่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก พบว่า เกิดฟองแก๊สไฮโดรเจนขึ้นเร็ว มีค่อนข้างมาก และที่ผิวของสังกะสีมีตะกอน โดยที่สารตั้งต้น ได้แก่ Zn และ HCl ๑-๒ ของมวล Zn
HCl เกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ได้ผลิตภัณฑ์ คือ $ZnCl_2$ และ H_2 และสมการเคมี คือ

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

ภาพ 62 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

จากตัวอย่างใบกิจกรรมจะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายผลการทดลองซึ่ง พบว่าเมื่อจุ่มโลหะสังกะสีลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกปรากฏเกิดฟองแก๊สไฮโดรเจนทันทีและมีปริมาณมาก โดยให้เหตุผลสิ่งที่สังเกตได้จากตัวแทนความคิดระดับจุลภาคที่แสดงการจัดเรียงตัวใหม่อะตอมและแสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์โดยใช้สมการเคมี คือ $Zn + HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$

เมื่อครูกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถตอบประเด็นคำถามโดยใช้เหตุผลสนับสนุนได้ถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังภาพ 63

ในตลาดมีร้านก๋วยเตี๋ยวเรือ 2 ร้าน ร้านที่ 1 นำถั้วแ้วมาใส่น้ำส้มสายชู ร้านที่ 2 นำถั้วอะลูมิเนียมมาใส่น้ำส้มสายชู หากนักเรียนรับประทานก๋วยเตี๋ยวและชอบปรุงรสด้วยน้ำส้มสายชู นักเรียนจะเลือกรับประทานที่ร้านใด เพราะเหตุใด

เลือกทานร้านที่ 1 เพราะร้านที่ 2 ใช้ถั้วอะลูมิเนียมใส่น้ำส้มสายชู ซึ่งอะลูมิเนียมออกทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชูแล้วเกิดสารพิษในน้ำส้มสายชูที่รับประทานเข้าไปทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ส่วนร้านที่ 1 ที่ใช้ถั้วสแตนเลสในน้ำส้มสายชูทำไปปลอดภัยกว่า

ภาพ 63 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

จากตัวอย่างใบกิจกรรมจะเห็นได้ว่าผู้เรียนสามารถนำความรู้ในเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยผู้เรียนตระหนักถึงผลกระทบต่อการใช้ภาชนะที่เป็นโลหะบรรจุสารที่มีสมบัติเป็นกรดเนื่องจากกรดจะทำการกัดกร่อนโลหะ หากรับประทานสารปนเปื้อนโลหะเข้าไปจะก่อให้เกิดอันตรายกับร่างกาย สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เนื่องจากน้ำส้มสายชูคือสารละลายกรดแอซิดิก มีสมบัติเป็นกรด จึงสามารถกัดก่อนอะลูมิเนียมซึ่งเป็นโลหะได้ หากรับประทานสารที่มีโลหะอะลูมิเนียมปนเปื้อนจะส่งผลเสียต่อร่างกายทำให้เกิดความเป็นพิษต่ออวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ปอด กระดูก ระบบประสาท เป็นต้น

ถ้าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟล้างท่อที่ทำจากอะลูมิเนียม เนื่องจากท่ออุดตัน นักเรียนคิดว่าเหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด

ไม่เหมาะสม เพราะอะลูมิเนียมทำปฏิกิริยากับเบสแก่คือโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยรุนแรง ทำให้อะลูมิเนียมถูกกัดกร่อน ท่ออาจได้รับความเสียหาย

ภาพ 64 ตัวอย่างใบกิจกรรมเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

จากภาพตัวอย่างใบกิจกรรมจะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากโลหะอะลูมิเนียมทำปฏิกิริยารุนแรงกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งนักเรียนสังเกตได้จากการเกิดฟองแก๊สอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมากจากผลการทดลองสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำความรู้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างถูกต้อง

ดังนั้นในการประเมินและสะท้อนบทเรียนเรื่องปฏิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ครั้งที่ 2 ครูวีณาและครูอารีย์ได้นำผลการสังเกตการปฏิบัติการสอนและใบกิจกรรมของผู้เรียนมาวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายแนวคิดเรื่องปฏิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะโดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ รวมทั้งสามารถบริหารจัดการเวลาได้อย่างเหมาะสม แต่ยังพบปัญหาเรื่องสัญญาณอินเทอร์เน็ต จึงได้บันทึกไว้หลังจากการใช้บทเรียนเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาในการใช้บทเรียนต่อไป คือ การเตรียมความพร้อมเรื่องสัญญาณอินเทอร์เน็ต ดังตัวอย่างบันทึกภาคสนามการสนทนาระหว่างครูวีณาและครูอารีย์ในการประเมินและสะท้อนบทเรียนเรื่องปฏิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ

ครูวีณา: จากการสังเกตการสอน น้องสอนได้ตามแผนนะ นักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยความกระตือรือร้น ช่วยกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นดีค่ะ

นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายปฏิริยาโดยใช้ตัวแทนความคิด 3 ระดับได้ค่ะ ส่วนใบกิจกรรมนักเรียนทำถูกเยอะค่ะ

ครูอารีย์: วันนี้ก็เกิดปัญหาอยู่นะคะ ตอนให้นักเรียนสแกนดูแอนิเมชัน เหมือนเน็ตทูล่ม

ครูวีณา: เป็นสิ่งที่เหนือการควบคุม แต่เราก็แก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ เรามันบันทึกไว้ใหม่คะ ว่าในการสอนต่อไปต้องมีความพร้อมและแผนสำรองในเรื่องสัญญาณเน็ต

ครูอารีย์: ค่ะ พี่ภาพรวมหนูน่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจจุดสำคัญเรื่องนี้พอสมควรค่ะ

ครูวีณา: พี่ก็ว่านักเรียนเข้าใจนะ นักเรียนสรุปแนวคิดได้ แล้วเอาไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่กำหนดได้

(ครูอารีย์, แบบบันทึกภาคสนาม, 12 มกราคม 2564)

จากตัวอย่างแบบบันทึกสนามการสนทนาในการประเมินและสะท้อนบทเรียนเรื่องปฏิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ จะเห็นได้ว่าบทเรียนเรื่องปฏิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะสามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

6. หลังจากการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูมีความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

เมื่อเสร็จสิ้นการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเรื่องปฏิกิริยาเคมี ผู้วิจัยได้วัดความรู้ในเนื้อหา หลังจากที่ได้เข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพโดยใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี ผลการวิเคราะห์แบบวัดความรู้ในเนื้อหา พบว่า ครูอารย์มีความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ โดยไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดดังนี้

เมื่อใช้แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีจำนวน 10 ข้อ พบว่า ครูอารย์มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) จำนวน 10 ข้อ ตัวอย่างคำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

...ถ้าสารมีการเปลี่ยนสถานะ สี และมวลจัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจะมีสารใหม่เกิดขึ้นโดยที่สารตั้งต้นจะทำการจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์

(ครูอารย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูอารย์ข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูอารย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารใหม่ ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจะไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนขนาดของสาร

...ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีจำนวนหรือชนิดของอะตอมจะไม่เปลี่ยนแปลง เพียงแต่เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีอะตอมของสารตั้งต้นจะจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์

(ครูอารย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

...จากคำตอบของครูอารย์ข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูอารย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมีการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารใหม่ซึ่งมีสมบัติต่างไปจากสารเดิม โดยที่ไม่มีอะตอมใดเกิดขึ้นใหม่หรือสูญหาย

สมการเคมีที่ประกอบด้วย $3N_2$ แสดงให้เห็นว่ามีแก๊สไนโตรเจน (N_2) 3 โมเลกุล ซึ่งเขียนได้เป็น $N_2 N_2 N_2$

(ครูอารย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ สมบูรณ์ ในกรณี $3N_2$ แสดงให้เห็นว่าประกอบด้วยโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจน (N_2) จำนวน 3 โมเลกุล สามารถแสดงได้เป็น $N_2 N_2 N_2$ จึงจะสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

...ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลแสดงให้เห็นถึงการรวมกันของอะตอมของธาตุแต่ละชนิด ในสารประกอบนั้น ไม่ใช่จำนวนที่ใช้ในการดุลสมการ ถ้าหากเป็นตัวเลขในการดุลสมการ เคมีจะแสดงเป็นสัมประสิทธิ์ด้านหน้าโมเลกุลของสารประกอบนั้นโดยต้องทำให้จำนวน อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในสารตั้งต้นมีจำนวนเท่ากับผลิตภัณฑ์

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูอารีย์อธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ กล่าวคือ ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลเป็นตัวเลขที่แสดงการรวมตัวของอะตอมในของ สารแต่ละโมเลกุล ส่วนการดุลสมการเคมีคือการเพิ่มเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเพื่อให้จำนวน อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันในสารตั้งต้นมีจำนวนเท่ากับในสารผลิตภัณฑ์

...ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลของสารตั้งต้นจะเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารผลิตภัณฑ์ โดยที่ไม่มี อะตอมใดสูญหาย

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูอารีย์อธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์สมบูรณ์ คือ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลของสารตั้งต้นจะเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะทำการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์โดยที่ไม่มีอะตอมใดสูญหายไป หรือเกิดขึ้นใหม่จึงส่งผลให้มวลของสารตั้งต้นเท่ากับมวลของสารผลิตภัณฑ์

...ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของผลิตภัณฑ์(สารหลังเกิดปฏิกิริยา)เท่ากับมวล รวมของสารตั้งต้น(สารก่อนเกิดปฏิกิริยา) โดยที่ไม่มีอะตอมใดหายไป

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูอารีย์ข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีมวลรวมของสารตั้งต้นเท่ากับมวลรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล เนื่องจากอะตอมของสารตั้งต้นจะทำการจัดเรียงตัวใหม่เป็นผลิตภัณฑ์โดยที่ไม่มีอะตอมใดสูญหายไปหรือเกิดขึ้นใหม่

...ปฏิกิริยาการเผาไหม้เป็นการคายความร้อน เนื่องจากต้องใช้ความร้อนในการเริ่มต้นปฏิกิริยา เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีการถ่ายเทความร้อนจากระบบไปสู่สิ่งแวดล้อมทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น ทำให้รู้สึกร้อน แต่การดูดความร้อนจะเป็นการที่ระบบดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมลดลง ทำให้เรารู้สึกเย็น
(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ใช้ความร้อนในการเริ่มต้นปฏิกิริยาเท่านั้น เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นแล้วจะไม่ต้องใช้ความร้อนอีกต่อไป แต่ปฏิกิริยาจะคายพลังงานแสงและความร้อนออกมา โดยระบบจะถ่ายเทความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นดังนั้นการเผาไหม้จึงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

...เมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลงไม่จำเป็นต้องเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การเปลี่ยนสถานะเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารแต่ไม่ได้เกิดสารใหม่จึงเป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วมีสารใหม่เกิดขึ้น เช่น เกิดฟองแก๊ส เกิดควัน แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี
(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าครูอารีย์มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เกี่ยวกับอุณหภูมิและการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากหากอุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลงแต่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนสถานะ การละลาย จะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ แต่หากมีสารใหม่เกิดขึ้น เช่น เกิดตะกอน เกิดฟองแก๊ส จะสามารถบ่งชี้ได้ว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี

...ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส สารละลายที่ได้อาจมีสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลาง ก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยา ถ้ากรดแก่ทำปฏิกิริยากับเบสอ่อนจะได้เกลือที่เป็นกรด แต่ถ้าเบสแก่ทำปฏิกิริยากับกรดอ่อนจะได้เกลือที่เป็นเบส และถ้ากรดแก่ทำปฏิกิริยากับเบสแก่จะได้เกลือที่เป็นกลาง

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูวิณาอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ซึ่งปัจจัยที่ทำให้สารละลายแสดงสมบัติเป็นกรด เบส หรือกลาง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของกรดและเบสที่เข้าทำปฏิกิริยากัน หากกรดแก่ทำปฏิกิริยากับเบสอ่อนจะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกรด เบสแก่ทำปฏิกิริยากับเบสอ่อนจะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นเบส และกรดแก่ทำปฏิกิริยากับเบสแก่จะได้สารละลายเกลือที่มีสมบัติเป็นกลาง

...การเผาไหม้จะมี 2 แบบ คือเผาไหม้แบบสมบูรณ์ เมื่อไฮโดรคาร์บอนทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่ถ้าเป็นการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ จะได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำ

(ครูอารีย์, แบบวัดความรู้ในเนื้อหา, 4 กุมภาพันธ์ 2564)

จากคำตอบของครูอารีย์จะเห็นได้ว่าครูวิณามีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะตอมของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของแก๊สออกซิเจนเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งเป็นการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ แต่ถ้าได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำจะเป็นการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์

จากผลการวิเคราะห์แบบวัดความรู้ในเนื้อหา พบว่า หลังจากเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูอารีย์มีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์มากกว่าก่อนเข้าร่วมพัฒนาวิชาชีพ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาตามกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

การวิเคราะห์ข้ามกรณี

การวิเคราะห์ข้ามกรณี มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ของ 2 กรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบในประเด็นความสอดคล้องและความแตกต่างของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีก่อนเข้าร่วมโครงการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันและระหว่างการเข้าร่วมโครงการการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้วิจัยขอแนะนำองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา 2) ความรู้ในวิธีสอน 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 4) ความรู้ด้านเทคโนโลยี 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความรู้ในเนื้อหา

ความรู้ในเนื้อหาเป็นความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่สอน ซึ่งมีความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ของครู โดยก่อนเข้าร่วมโครงการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ครูวิชา มีความรู้ในเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและเมฆสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากเมื่อครูอธิบายแนวคิดมักจะอธิบายในเชิงความรู้ความจำขาดการเชื่อมโยงความสัมพันธ์แนวคิดรวมทั้งยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครุอาเรียมีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องดินและแหล่งน้ำสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ เนื่องจากสามารถอธิบายแนวคิดได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ประกอบกับในการปฏิบัติการสอนครุอาเรียจะมีการอธิบายในแต่ละองค์ประกอบของเนื้อหาได้ถูกต้อง

ในระหว่างการเข้าร่วมโครงการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน จากการวัดแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 ข้อ พบว่า ครูทั้ง 2 คน มีแนวคิดที่แฝงอยู่หลายประเภท โดยครูวิชา มีความรู้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) จำนวน 3 ข้อ มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) จำนวน 3 ข้อ มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน 1 ข้อ และมีความรู้ในเนื้อหาที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ ในขณะที่ครุอาเรียมีความรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) จำนวน 5 ข้อ มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) จำนวน 3 ข้อ และมีความรู้ในเนื้อหาที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ข้อ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าครุอาเรียมีความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากกว่าครูวิชา

เมื่อเข้าสู่การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูทั้ง 2 คน มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาอย่างต่อเนื่องโดยครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาจากการออกแบบบทเรียนและการสะท้อนบทเรียน ซึ่งการปฏิบัติการสอนในครั้งที่ 1 ครูวินายังมีการอธิบายแนวคิดเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เมื่อสะท้อนการปฏิบัติการสอน ซึ่งครูวินารับรู้ว่าตนเองอธิบายแนวคิดเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ประกอบกับการให้ข้อมูลย้อนกลับจากครูอารีย์ในด้านเนื้อหาที่สอนทำให้ครูวินาเตรียมตัวในการปฏิบัติการสอนครั้งต่อไป ละเอียดยิ่งขึ้น ส่งผลให้การปฏิบัติการสอนครั้งต่อไปสามารถอธิบายแนวคิดได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ในขณะที่ครูอารีย์มีการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ในเนื้อหาที่สอนในลักษณะของการแลกเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับประเด็นสิ่งที่ครูสอนและสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ทำให้ขั้นการออกแบบบทเรียนครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาที่ชัดเจนส่งผลให้การปฏิบัติการสอนทุกเนื้อหาครูอารีย์สามารถอธิบายแนวคิดได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามเมื่อเสร็จสิ้นจากโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูทั้ง 2 คนได้ทำแบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี พบว่า ครูทั้ง 2 คนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์มากขึ้นและไม่มีแนวคิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยที่ครูอารีย์สามารถอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากกว่าครูวินา

2. ความรู้ในวิธีสอน

ความรู้ในวิธีสอนเป็นความรู้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ในวิธีสอนที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ในขั้นอธิบาย ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน โดยครูวินาเข้าใจว่าขั้นอธิบาย นักเรียนจะนำสิ่งที่ได้จากการสืบค้นมาอภิปรายร่วมกัน ขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้เรียน และขั้นประเมินเป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ ในขณะที่ครูอารีย์เข้าใจว่าขั้นอธิบายครูจะสรุปองค์ความรู้ให้แก่ผู้เรียน ขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้เรียน และขั้นประเมินครูจะประเมินนักเรียนโดยการใช่แบบทดสอบ ซึ่งไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากในขั้นอธิบายเป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง ขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ และขั้นประเมินเป็นขั้นที่สามารถประเมินการเรียนรู้จากชิ้นงานหรือพฤติกรรม รวมทั้งผู้เรียนสามารถประเมินตนเองได้

ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติกิจกรรมการวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้ครูสามารถเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน โดยครูวินาสามารถระบุมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

ได้อย่างถูกต้อง แต่ในช่วงแรกยังประสบปัญหาในการวิเคราะห์ตัวชี้วัดสู่การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี ในขณะที่ครูอาเรียย์ทำความเข้าใจการวิเคราะห์หลักสูตรได้รวดเร็ว โดยสามารถระบุมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดได้อย่างถูกต้องรวมทั้งเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยี ประกอบการครูได้ปฏิบัติกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทำให้ครูเข้าใจการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

เมื่อเข้าสู่การพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูทั้ง 2 คน มีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนอย่างต่อเนื่องในการออกแบบบทเรียน การปฏิบัติการสอน และการสะท้อนการปฏิบัติการสอนส่งผลให้ครูจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะได้อย่างถูกต้อง โดยในช่วงแรกครูวิณายังปฏิบัติการสอนได้ไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ครูวิณาเป็นผู้สรุปแนวคิดเรื่องการเกิดปฏิกิริยาให้กับผู้เรียน แต่เมื่อได้ทำการสะท้อนการปฏิบัติการสอนทำให้ครูวิณาเห็นจุดบกพร่องและปรับปรุงแก้ไขจนทำให้การปฏิบัติการสอนในเรื่องถัดไปครูวิณาสามารถปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ ในขณะที่ครูอาเรียย์สามารถปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ได้ทุกครั้งแสดงให้เห็นว่าครูอาเรียย์มีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนได้รวดเร็วกว่าครูวิณา

3. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเป็นความรู้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา โดยก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิทยาศาสตร์ขาดการวิเคราะห์หลักสูตรในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ส่งผลให้กิจกรรมการเรียนรู้ไม่เหมาะสมกับเนื้อหาที่สอนซึ่งครูทั้ง 2 คน มักจะใช้วิธีสอนแบบบรรยายในการสอนทุกเนื้อหา โดยครูวิณาใช้วิธีสอนแบบบรรยายในการสอนเรื่องบรรยากาศและเมฆ แสดงให้เห็นว่าไม่ได้ตระหนักถึงเนื้อหาในการเลือกวิธีสอน ในขณะที่ครูอาเรียย์มีความตระหนักถึงเนื้อหาในการเลือกวิธีสอนแต่ไม่ได้นำมาใช้ในการปฏิบัติการสอน เนื่องจากครูอาเรียย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยายในการสอนเรื่องดินและแหล่งน้ำ สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 2 คน มีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ในระหว่างการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ครูวิทยาศาสตร์ได้เรียนรู้แนวทางการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะในการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูทั้ง 2 คนสามารถสะท้อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาได้อย่างถูกต้อง โดยครูวิณาได้สะท้อนความคิดในการใช้วิธีสอนแบบทดลองในการสอนเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ส่วนครูอาเรียย์ได้สะท้อนความคิดในการใช้วิธีสอนแบบทดลองในการสอนเรื่องกฎทรงมวล

เมื่อเข้าสู่การพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูทั้ง 2 คน มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนอย่างต่อเนื่อง ในการออกแบบบทเรียนครูใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ในการสอน เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะ ซึ่งครูออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยในช่วงแรกครูวิณาให้นักเรียนวาดตัวแทนความคิดตามภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลและเขียนสมการเคมีตามแอปพลิเคชัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและแนวคิดระดับสัญลักษณ์ เนื่องจากการสร้างตัวแทนความคิดผู้เรียนควรแสดงแนวคิดตามความเข้าใจแล้วจึงตรวจสอบความสอดคล้องกับภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุล แล้วจึงทำการปรับปรุงแก้ไขตัวแทนความคิดของตนเองให้สอดคล้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครูอารีย์สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีได้สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิด ได้ตั้งแต่การปฏิบัติการสอนครั้งแรก โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับด้วยตนเอง แสดงให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนได้รวดเร็วกว่าครูวิณา

4. ความรู้ด้านเทคโนโลยี

ความรู้ด้านเทคโนโลยีเป็นความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ส่วนใหญ่ครูวิทยาศาสตร์มักจะใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยครูวิณามีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่จำกัด ตัวอย่างเช่น โน้ตบุ๊ก โปรเจคเตอร์ โปรแกรม Microsoft PowerPoint คลิปวิดีโอ จึงส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอจากการดาวน์โหลดทางอินเทอร์เน็ต ในขณะที่ครูอารีย์รู้จักเทคโนโลยีในการสอนที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น โน้ตบุ๊ก ไอแพด โทรศัพท์มือถือ คลิปวิดีโอ เทคโนโลยี AR แอปพลิเคชันในโทรศัพท์ เว็บไซต์ที่ให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ สสวท. อินเทอร์เน็ต Google แต่อย่างไรก็ตามครูอารีย์ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ซึ่งครูอารีย์ใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ที่สร้างด้วยตนเองในการสอน สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 2 คน มีความรู้ด้านเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากยังมีเทคโนโลยีอีกหลายประเภทที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์

ในระหว่างการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้ครูได้เรียนรู้คุณสมบัติ จุดเด่น และวิธีการใช้เทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ โดยครูวิณาเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีได้ค่อนข้างช้า เนื่องจากมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีค่อนข้างจำกัด แต่ตลอดระยะเวลาปฏิบัติ

กิจกรรมครูวิณามีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้จึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ครูอารีย์มีการรับรู้ด้านเทคโนโลยีรวดเร็วประกอบมีพื้นฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว

เมื่อเข้าสู่การพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูทั้ง 2 คน สามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้และปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยครูวิณาใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลของ สสวท. โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในช่วงแรกครูวิณาไม่มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียน แต่เมื่อได้ปฏิบัติการสอนและสะท้อนการปฏิบัติการสอนจึงส่งผลให้ครูวิณามีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น ในขณะที่ครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลของ สสวท. โปรแกรม PhET แอปพลิเคชัน Beaker และแอปพลิเคชัน Plickers ซึ่งในการปฏิบัติการสอนครูอารีย์มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีและสามารถใช้ได้อย่างถูกต้อง สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีได้รวดเร็วกว่าครูวิณา

5. ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี

ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีเป็นความรู้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเนื้อหา โดยก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันส่วนใหญ่ครูวิทยาศาสตร์มักจะใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทุกเนื้อหา โดยครูวิณาจะใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอในการสอนเรื่องบรรยากาศและเมฆ ในขณะที่ครูอารีย์จะใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในการสอนเรื่องดินและแหล่งน้ำ สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 2 คน มีความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้ครูได้เรียนรู้การใช้สื่อเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์รวมทั้งสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา ซึ่งครูวิณาใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR ในการสอนเรื่องชั้นบรรยากาศ ซึ่งแอปพลิเคชันมีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวสามมิติจำลองชั้นบรรยากาศและความสำคัญของชั้นบรรยากาศแต่ละชั้น ซึ่งมีความเหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องชั้นบรรยากาศ ในขณะที่ครูอารีย์ใช้แอปพลิเคชัน Plant Snap ในการสอนเรื่องชนิดของพืช ซึ่งแอปพลิเคชันใช้ระบบการตรวจสอบจากภาพถ่ายเพื่อเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลพรรณไม้ในแอปพลิเคชัน สามารถแสดงข้อมูลของพืชแต่ละชนิดได้อย่างละเอียดและรวดเร็ว การใช้เทคโนโลยีของครูอารีย์จึงมีความเหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องชนิดของพืช

เมื่อเข้าสู่การพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูทั้ง 2 คน สามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี โดยครูทั้ง 2 คนจะใช้ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุล โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในการสอนเนื้อหาเรื่องเกิดการเกิดปฏิกิริยาเคมี การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับกรดและโลหะกับเบส ซึ่งในเรื่องกฎทรงมวลครูวิณาไม่ได้ใช้ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลแต่ให้ผู้เรียนเรียนรู้จากโปรแกรม PhET ในขณะที่ครูอารีย์ใช้ภาพเคลื่อนไหวระดับโมเลกุลจากเว็บไซต์ ACS โดยให้นักเรียนศึกษาและนำมาตรวจสอบกับตัวแทนความคิดระดับจุลภาค สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีมากกว่าครูวิณา

6. ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี

ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีเป็นความรู้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมวิธีสอน โดยก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันส่วนใหญ่ครูวิทยาศาสตร์มักจะใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการสอนแบบบรรยาย โดยครูวิณาใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอประกอบการสอนแบบบรรยายเรื่องบรรยากาศและเมฆ ในขณะที่ครูอารีย์ใช้เฉพาะโปรแกรม PowerPoint ประกอบการสอนแบบบรรยายเรื่องดินและแหล่งน้ำ สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 2 คน มีความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีในการสอนแบบบรรยายไม่ส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน

ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติกิจกรรมแนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากงานวิจัย ซึ่งครูได้วิเคราะห์งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้ครูทั้ง 2 คน สามารถวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ โดยครูวิณาสามารถวิเคราะห์ในประเด็นเนื้อหา วิธีสอนและเทคโนโลยีที่ใช้ในงานวิจัยได้ แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ความรู้ทั้ง 3 ส่วนได้ เมื่อครูวิณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ครูวิณาให้ผู้เรียนศึกษาภาพเคลื่อนไหวและวาภาพแบบจำลองตาม ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวทางการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณายังออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่ยังไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ในขณะที่ครูอารีย์สามารถวิเคราะห์ในประเด็นเนื้อหา วิธีสอนและเทคโนโลยีที่ใช้ในงานวิจัยได้ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ความรู้ทั้ง 3 ส่วนนำไปสู่องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้ เมื่อครูอารีย์ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ครูอารีย์ให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ โดยนำมาตรวจสอบความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แต่ในกิจกรรมขั้นอธิบาย ครูยัง

เน้นการอธิบายเนื้อหา ซึ่งไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สะท้อนให้เห็นว่าครุอาารย์มีความรู้ในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนแต่ในกิจกรรมการเรียนรู้ยังไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

เมื่อเข้าสู่การพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูทั้ง 2 คน สามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอน ซึ่งส่วนใหญ่ครูทั้ง 2 คนมักจะใช้เทคโนโลยีในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา โดยครูวิณาได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหว โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในขั้นสำรวจและค้นหา แต่ในช่วงแรกครูวิณายังใช้เทคโนโลยีได้ไม่สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดของผู้เรียน แต่เมื่อได้ทำการสะท้อนการปฏิบัติการสอนและปรับปรุงบทเรียนร่วมกัน ทำให้ครูวิณาสามารถจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีได้สอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้โดยการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครุอาารย์ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหว เว็บไซต์ ACS โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในขั้นสำรวจและค้นหาและสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีได้สอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้โดยการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทุกเนื้อหา รวมทั้งใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในการตรวจสอบความรู้อื่นของผู้เรียนในขั้นสร้างความสนใจ และใช้แอปพลิเคชัน Plickers ตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนในขั้นประเมิน สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 2 คนมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งครุอาารย์มีความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีมากกว่าครูวิณา

7. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีเป็นความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ส่วนใหญ่ครูวิทยาศาสตร์เน้นวิธีสอนแบบบรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการสอน โดยครูวิณามักจะใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอประกอบการสอนเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและเมฆโดยใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ซึ่งสื่อเทคโนโลยีที่ใช้ครูวิณาไม่ได้สร้างด้วยตนเองแต่ใช้การดาวน์โหลดจากอินเทอร์เน็ต ในขณะที่ครุอาารย์ใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการสอนเนื้อหาเรื่องดินและแหล่งน้ำโดยใช้วิธีสอนแบบบรรยาย

ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิทยาศาสตร์ได้ปฏิบัติกิจกรรมสะท้อนการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน ซึ่งครูทั้ง 2 คนมีการเปลี่ยนมุมมองการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ โดยครูวิณามีการเปลี่ยนมุมมองจากการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อประกอบการบรรยายเป็นการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ผู้เรียนที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ ในขณะที่ครุอาารย์มีการเปลี่ยนมุมมองจากการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อประกอบการ

บรรยายเป็นการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ผู้เรียนที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน รวมทั้งเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความรู้เดิมและความเข้าใจในการเรียนรัฐวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 2 คน มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

เมื่อเข้าสู่การพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูทั้ง 2 คน สามารถจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน โดยในช่วงแรกครูวิณายังประสบปัญหาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่เมื่อได้สะท้อนถึงข้อบกพร่องในการจัดการเรียนรู้และร่วมกันปรับปรุงบทเรียนจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ในขณะที่ครูอารีย์สามารถจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีโดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน จากการมีบทบาทในการแสดงความคิดเห็นในชั้นสะท้อนและปรับปรุงบทเรียนจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 2 คน มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ซึ่งครูอารีย์มีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมากกว่าครูวิณา



บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน 2) เพื่อศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สรุปผลการวิจัย ส่วนที่ 2 อภิปรายผลการวิจัย และส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครุวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน : กรณีศึกษาโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ สรุปผลการวิจัยตามองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยจำแนกเป็นกรณีศึกษาดังนี้

1. ครูมีการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์จากการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน

กรณีครูวิชา ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิชามีความรู้ในเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและเมฆสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เมื่อเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูมีแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมีสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันในช่วงแรกครูวิชามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่เมื่อได้ทำการสะท้อนการปฏิบัติการสอนและได้รับข้อมูล

ย้อนกลับจึงทำให้ครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น เมื่อสิ้นสุดการพัฒนาบทเรียนร่วมกันพบว่าครูวิณาไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องปฏิกิริยาเคมี

กรณีครูอารีย์ ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิณามีความรู้ในเนื้อหาเรื่องดินและแหล่งน้ำสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ แต่เมื่อเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูมีแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาเคมีสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอารีย์มีการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ในเนื้อหาที่สอนในลักษณะของการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นสิ่งที่ครูสอนและสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ในการออกแบบบทเรียนจึงส่งผลทำให้ครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น เมื่อสิ้นสุดการพัฒนาบทเรียนร่วมกันพบว่าครูอารีย์ไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องปฏิกิริยาเคมี

2. เมื่อครูวิเคราะห์หลักสูตรได้และเรียนรู้วิธีสอนแบบสืบเสาะส่งผลให้ครูมีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอน

กรณีครูวิณา ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูมีความรู้ในวิธีสอนที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ในขั้นอธิบาย ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน โดยครูเข้าใจว่าขั้นอธิบาย นักเรียนจะนำสิ่งที่ได้จากการสืบค้นมาอภิปรายร่วมกัน ขั้นขยายความรู้เป็นขั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้เรียน และขั้นประเมินเป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ รวมทั้งเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัดในหลักสูตรทำให้ครูวิณาออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายซึ่งไม่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิณาได้ปฏิบัติกิจกรรมการวิเคราะห์หลักสูตร ทำให้ครูสามารถเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ได้สอดคล้องกับตัวชี้วัด รวมทั้งได้เรียนรู้แนวทางการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จากกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ครูวิณามีความเข้าใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ในช่วงแรกครูวิณายังปฏิบัติการสอนได้ไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ แต่เมื่อได้ทำการสะท้อนการปฏิบัติการสอนทำให้ครูวิณาเห็นจุดบกพร่องและปรับปรุงแก้ไขจนทำให้การปฏิบัติการสอนในเรื่องถัดไปครูวิณาสามารถปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ ส่งผลให้ครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนมากขึ้น

กรณีครูอารีย์ ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอารีย์มีความรู้ในวิธีสอนที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ในชั้นอธิบาย ขันขยายความรู้ และชั้นประเมิน โดยครูเข้าใจว่าชั้นอธิบายครูจะสรุปองค์ความรู้ให้แก่ผู้เรียน ขันขยายความรู้เป็นชั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้เรียน และชั้นประเมินครูจะประเมินนักเรียนโดยการใช้แบบทดสอบรวมทั้งเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัดในหลักสูตรทำให้ครูอริย์ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบบรรยายซึ่งไม่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูได้ปฏิบัติกิจกรรมการวิเคราะห์หลักสูตร ทำให้ครูอริย์สามารถเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ได้สอดคล้องกับตัวชี้วัด รวมทั้งได้เรียนรู้แนวทางการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จากกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ครูอริย์มีความเข้าใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ในการออกแบบบทเรียนและสะท้อนบทเรียน ทำให้ครูอริย์สามารถปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ได้ทุกครั้ง ส่งผลให้ครูอริย์มีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนมากขึ้น

3. เมื่อครูได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการสะท้อนการปฏิบัติการสอนทำให้ครูใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา

กรณีครูวีณา ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวีณาใช้วิธีสอนแบบบรรยายในเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและเมฆ โดยไม่ตระหนักถึงเนื้อหาในการใช้วิธีสอน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวีณาได้ปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งได้สะท้อนความคิดในการใช้วิธีสอนแบบทดลองกับการสอนเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นวิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ในช่วงแรกครูวีณาใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะที่ไม่สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดในการอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่เมื่อได้สะท้อนการปฏิบัติการสอนทำให้ครูวีณาเห็นข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไขจนสามารถปฏิบัติการสอนโดยใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาได้

กรณีครูอริย์ ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวีณาไม่ตระหนักถึงในการเลือกวิธีสอนแต่ไม่สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติการสอนได้ เนื่องจากในการสอนเรื่องเรื่องดินและแหล่งน้ำโดยอริย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอริย์ได้ปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องกฎทรงมวล ซึ่งได้สะท้อนความคิดในการใช้วิธีสอนแบบทดลองกับการสอนเนื้อหาเรื่องกฎทรงมวล ซึ่งเป็นวิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูอริย์สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีได้สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิด

โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับด้วยตนเอง ส่งผลให้ครูอาเรียมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนมากขึ้น

4. ครูมีการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีจากการทดลองใช้จริงระหว่างการประชุมเชิงปฏิบัติการรวมทั้งการได้เรียนรู้จากประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีขณะปฏิบัติการสอน

กรณีครูวิณา ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิณามีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่จำกัดซึ่งรู้จักเพียงเทคโนโลยีพื้นฐาน ตัวอย่างเช่น โน้ตบุ๊ก โพรเจคเตอร์ โปรแกรม Microsoft PowerPoint คลิปวิดีโอ จึงส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอจากการดาวน์โหลดทางอินเทอร์เน็ต ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิณาได้ปฏิบัติกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้อชีววิทยาสตรี ซึ่งครูวิณาเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีได้ค่อนข้างช้าเนื่องจากมีพื้นฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีค่อนข้างจำกัด แต่ตลอดระยะเวลาปฏิบัติกิจกรรมครูวิณามีความกระตือรือร้นในการทดลองใช้เทคโนโลยีจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิณาใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้อชีววิทยาสตรีเรื่องปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลของ สสวท. โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker โดยในช่วงแรกครูวิณาไม่มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียน แต่เมื่อได้ปฏิบัติการสอนและสะท้อนการปฏิบัติการสอนจึงส่งผลให้ครูวิณามีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีทำให้มีการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีมากขึ้น

กรณีครูอาเรีย ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอาเรียมีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น โน้ตบุ๊ก ไอแพด โทรศัพท์มือถือ คลิปวิดีโอ เทคโนโลยี AR แอปพลิเคชันในโทรศัพท์ เว็บไซต์ที่ให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ สสวท. อินเทอร์เน็ต Google แต่อย่างไรก็ตามครูอาเรียไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ซึ่งครูอาเรียใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ที่สร้างด้วยตนเองในการสอน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูอาเรียได้ปฏิบัติกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้อชีววิทยาสตรี ครูอาเรียมีการรับรู้ในการใช้เทคโนโลยีได้รวดเร็วเนื่องจากมีพื้นฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีจึงส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยี เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูอาเรีย ครูอาเรียใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้อชีววิทยาสตรีเรื่องปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลของ สสวท. และจากเว็บไซต์ ACS โปรแกรม PhET แอปพลิเคชัน Beaker แอปพลิเคชัน Jamboard และแอปพลิเคชัน Plickers ซึ่งในการปฏิบัติการสอนครูอาเรียมีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีและสามารถใช้อย่างถูกต้อง สะท้อนให้เห็นว่าครูอาเรียมีการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีมากขึ้น

5. ครูได้เรียนรู้สื่อเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบกับการออกแบบบทเรียนส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี

กรณีครูวิณา ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิณาใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอในการสอนเรื่องบรรยากาศและเมฆในลักษณะของการบรรยาย จึงเป็นการใช้เทคโนโลยีที่ไม่มีความจำเพาะกับเนื้อหา ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิณาได้ปฏิบัติกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้ครูวิณาได้เรียนรู้การใช้สื่อเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์รวมทั้งสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา ซึ่งครูวิณาใช้แอปพลิเคชัน Discovering Science AR ในการสอนเรื่องชั้นบรรยากาศ เมื่อเข้าสู่กระบวนการการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ในการออกแบบเรียนครูวิณาใช้ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุล โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในการสอนเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาสะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีมากขึ้น

กรณีครูอารีย์ ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอารีย์ใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในการสอนเรื่องดินและแหล่งน้ำในลักษณะของการบรรยาย จึงเป็นการใช้เทคโนโลยีที่ไม่มีความจำเพาะกับเนื้อหาที่สอน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิณาได้ปฏิบัติกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้ครูอารีย์ได้เรียนรู้การใช้สื่อเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์รวมทั้งสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหา ครูอารีย์ใช้แอปพลิเคชัน Plant Snap ในการสอนเรื่องชนิดของพืช เมื่อเข้าสู่กระบวนการการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ในการออกแบบเรียนครูวิณาใช้ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลของ สสวท. และจากโปรแกรม ACS รวมทั้งโปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในการสอนเนื้อหาเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาสะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีมากขึ้น

6. การศึกษางานวิจัยและการสะท้อนการปฏิบัติการสอนส่งต่อการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี

กรณีครูวิณา ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิณาใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอประกอบการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบ

บรรยาย ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีและวิธีสอนที่ไม่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิชาได้ศึกษางานวิจัยทำให้เห็นแนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ แต่เมื่อครูวิชาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ครูวิชายังใช้เทคโนโลยีไม่สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชา ยังออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่ยังไม่เหมาะสมกับวิธีสอน เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิชาได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหว โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในขั้นสำรวจและค้นหา แต่ในช่วงแรกครูวิชายังใช้เทคโนโลยีได้ไม่สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดของผู้เรียน แต่เมื่อได้ทำการสะท้อน การปฏิบัติการสอนและปรับปรุงบทเรียนร่วมกัน ทำให้ครูวิชาสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีได้สอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชามีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี

กรณีครูอารีย์ ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอารีย์ใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอประกอบการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีและวิธีสอนที่ไม่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูอารีย์ได้ศึกษางานวิจัยทำให้เห็นแนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ ครูอารีย์ให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้โดยนำมาตรวจสอบความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แต่ในกิจกรรมขั้นอธิบายครูยังเน้นการอธิบายเนื้อหาซึ่งไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอารีย์ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหว เว็บไซต์ ACS โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ในขั้นสำรวจและค้นหาและสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีได้สอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ โดยการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทุกเนื้อหา รวมทั้งใช้แอปพลิเคชัน Jamboard ในการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนในขั้นสร้างความสนใจ และใช้แอปพลิเคชัน Plickers ตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนในขั้นประเมิน สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี

7. การสะท้อนบทเรียนและการปรับปรุงบทเรียนช่วยให้ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน โดยครูมีรูปแบบการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

กรณีครูวิชา ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิชามักจะใช้โปรแกรม PowerPoint และคลิปวิดีโอประกอบการสอนเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและเมฆโดยใช้วิธีสอนแบบบรรยาย สะท้อนให้เห็นว่าครูวิชาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้

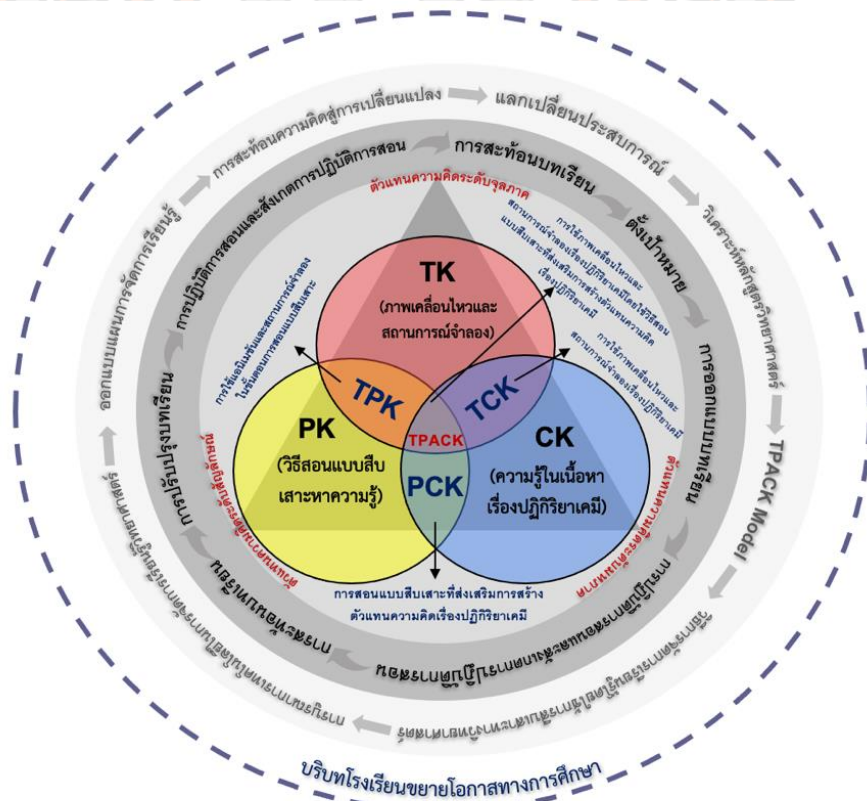
เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิทยามีการเปลี่ยนมุมมองจากการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อประกอบการบรรยายเป็นการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ผู้เรียนที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ในช่วงแรกครูวิทยายังประสบปัญหาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่เมื่อได้สะท้อนถึงข้อบกพร่องในการปฏิบัติการสอนและร่วมกันปรับปรุงบทเรียนจึงทำให้ครูวิทยাজัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน ทั้งนี้ครูวิทยามีรูปแบบการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยเน้นการใช้เทคโนโลยีในขั้นสำรวจและค้นหา

กรณีครูอารีย์ ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอารีย์ใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการสอนเนื้อหาเรื่องดินและแหล่งน้ำ โดยใช้วิธีสอนแบบบรรยาย สะท้อนให้เห็นว่าครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอารีย์มีการเปลี่ยนมุมมองจากการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อประกอบการบรรยายเป็นการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือที่ผู้เรียนที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนรวมทั้งเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความรู้เดิมและความเข้าใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูอารีย์มักจะมีบทบาทในการแสดงความคิดเห็นในการสะท้อนการปฏิบัติการสอนและการปรับปรุงบทเรียนจึงทำให้ครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวิธีสอน ทั้งนี้ครูอารีย์มีรูปแบบการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยเน้นการใช้เทคโนโลยีในขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา และขั้นประเมิน

จากข้อค้นพบในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์รูปแบบโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาซึ่งทำให้ครูได้พัฒนาและปรับปรุงเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีจนได้บทเรียนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งครูวิทยาศาสตร์ได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งส่วนที่อยู่ในส่วนวงกลมรอบนอกจะเป็นกิจกรรมในการประชุมเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้ 1) แลกเปลี่ยนประสบการณ์ 2) การวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ 3) เรียนรู้กรอบแนวคิดของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี 4) วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 5) การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 6) การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และ 7) การสะท้อน

ความคิดสู่การเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน จากนั้นก็จะส่วนถัดเข้ามาซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนา
 บทเรียนร่วมกัน เริ่มตั้งแต่ 1) การกำหนดเป้าหมาย 2) การออกแบบบทเรียน 3) การปฏิบัติการสอนและ
 สังเกตการณ์ปฏิบัติการสอน 4) การสะท้อนบทเรียน 5) การปรับปรุงบทเรียน 6) การนำบทเรียนที่
 ปรับปรุงแล้วไปใช้สอนอีกครั้งหนึ่ง และ 7) การสะท้อนบทเรียน

จากการที่ครูได้เรียนรู้ในโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียน
 ร่วมกันส่งผลให้ครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนทั้ง 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ใน
 เนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี 2) ความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 3) ความรู้ด้านเทคโนโลยีเกี่ยวกับ
 ภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง 4) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน โดยใช้แนวทางการสร้างมโน
 ภาพทางเคมีในการสนับสนุนการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยาเคมี 5) ความรู้
 ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี เป็นการใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์จำลองทางแอปพลิเคชัน
 เรื่องปฏิกิริยาเคมี 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี เป็นการใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหวและ
 สถานการณ์จำลองในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และ 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวก
 วิธีสอนและเทคโนโลยี เป็นการใช้เทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลองเรื่องปฏิกิริยาเคมี
 โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะที่ส่งเสริมการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้บริบทโรงเรียน
 ขยายโอกาสทางการศึกษา ดังภาพ 65



ภาพ 65 รูปแบบโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อภิปรายผล

การออกแบบบทเรียนโดยการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และการสะท้อนการปฏิบัติการสอนด้านเนื้อหาส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาซึ่งครูมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องปฏิบัติการเคมีลดลง ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิชาความรู้ในเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและเมฆสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องบรรยากาศและเมฆ โดยครูวิชาระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ในลักษณะของการระบุนิยามในเนื้อหาซึ่งขาดการอธิบายในลักษณะความเชื่อมโยงของแนวคิดต่าง ๆ ในเนื้อหาประกอบกับการปฏิบัติการสอนครูวิชาใช้วิธีสอนแบบบรรยายโดยอ่านตามข้อความที่ปรากฏในโปรแกรม PowerPoint และไม่มีการอธิบายเพิ่มเติม จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูวิชาความรู้ในเนื้อหาไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี จากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมถึงสาเหตุที่ทำให้ครูวิชาประสบปัญหาด้านความรู้ในเนื้อหา ครูวิชาได้เปิดใจและเปิดเผยสาเหตุว่าตนเองไม่ได้เตรียมการสอนโดยอยู่ในสภาวะนี้มาเป็นระยะเวลาช้านาน เนื่องจากมีภาระงานพิเศษนอกเหนือจากงานสอนเป็นจำนวนมาก จึงขาดแรงจูงใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เมื่อได้ทำการสอนจึงเกิดความสับสนในเนื้อหา สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Sanders, L. R., Borko, H., & Lockard, J. D. (1993) ซึ่งพบว่า การที่ครูอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์บางเรื่องไม่สมบูรณ์ อาจเกิดจากการที่ครูมีความสับสนในเนื้อหา ในขณะที่ครูอาจารย์มีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ในเรื่องดินและแหล่งน้ำ โดยสามารถระบุสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ที่แสดงถึงความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนในส่วนการนิยาม ลักษณะสำคัญ องค์ประกอบ ประกอบการปฏิบัติการสอนส่วนใหญ่ครูอาจารย์จะมีการอธิบายด้วยความเข้าใจโดยไม่ได้อ่านตามข้อความที่ปรากฏในโปรแกรม PowerPoint จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูอาจารย์มีความรู้ในเนื้อหาสอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี อาจเนื่องมาจากครูอาจารย์เพียงผ่านการประเมินเพื่อเตรียมความพร้อมอย่างเข้มซึ่งต้องได้รับการประเมินและการนิเทศการจัดการเรียนรู้อยู่บ่อยครั้งจึงส่งผลให้ครูอาจารย์มีการเตรียมการสอนในด้านเนื้อหาเป็นปกติวิสัย ซึ่งการวิเคราะห์ความรู้ในเนื้อหาก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันนี้ เป็นการตรวจสอบว่าครูมีความรู้ในเนื้อหาที่ปฏิบัติการสอนปัจจุบันเป็นอย่างไร ไม่ได้เป็นการตรวจสอบแนวคิดวิทยาศาสตร์ทุกเนื้อหาที่สอน

เมื่อเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ได้ทำการวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิบัติการเคมี พบว่า ครูวิชาและครูอาจารย์มีแนวคิดเรื่องปฏิบัติการเคมีสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนกับแนวคิดที่

คลาดเคลื่อน และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ อาจเนื่องมาจากมาจากครูสับสนในเนื้อหาและไม่มีความรู้ที่แม่นยำในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี

เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันในช่วงแรกครูวิณายังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่เมื่อได้ทำการสะท้อนการปฏิบัติการสอน โดยการสะท้อนตนเองและการสะท้อนจากครูอารีย์ ครูวิณาจึงได้รับข้อมูลย้อนกลับถึงจุดที่บกพร่อง และร่วมกันหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข ส่งผลให้ครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น เมื่อสิ้นสุดการพัฒนาบทเรียนร่วมกันพบว่าครูวิณาไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องปฏิกิริยาเคมี สะท้อนให้เห็นว่าการสะท้อนการปฏิบัติการสอนส่งผลให้ครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Stewart, R. A., & Brendefur, J. L. (2005) ซึ่งพบว่าการสะท้อนบทเรียนในกระบวนการพัฒนาบทเรียนช่วยให้ครูมีความรู้ในเนื้อหาวิชามากขึ้น ในขณะที่ครูอารีย์มีการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ในเนื้อหาที่สอนในลักษณะของการแลกเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับประเด็นสิ่งที่ครูสอนและสิ่งที่นักเรียนต้องรู้ในการออกแบบบทเรียนจึงส่งผลทำให้ครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น และเมื่อสิ้นสุดการพัฒนาบทเรียนร่วมกันพบว่าครูอารีย์ไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องปฏิกิริยาเคมี สะท้อนให้เห็นว่าการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ในชั้นการออกแบบบทเรียนช่วยให้ครูทำความเข้าใจเนื้อหาที่จะสอนได้มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Stepanek et al. (2006) ซึ่งพบว่า ในการออกแบบบทเรียนครูจะพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหาที่สอน โดยการระบุนความเข้าใจในเนื้อหาของตนเองกับกลุ่มครูคนอื่น ๆ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ความรู้ในเนื้อหาในกลุ่มครูต่อไป ประกอบกับผลการวิจัยของ Juhler, M. V. (2016) ซึ่งพบว่ากระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันส่งผลให้ครูพัฒนาความรู้เชิงลึกในรายวิชาที่สอนได้อย่างยั่งยืน

ครูมีความรู้ในวิธีสอนแบบสืบเสาะจากการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และเมื่อครูได้ร่วมกันสะท้อนการปฏิบัติการสอนทำให้ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูมีความรู้ในวิธีสอนที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ในขั้นอธิบาย ขยายความรู้ และขั้นประเมิน ตัวอย่างเช่น ครูเข้าใจว่าขั้นอธิบายครูจะสรุปองค์ความรู้ให้แก่ผู้เรียน ขยายความรู้เป็นขั้นที่ครูบรรยายความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้เรียน และขั้นประเมินครูจะประเมินนักเรียนโดยการใช้แบบทดสอบ อาจเนื่องมาจากครูขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยทำความเข้าใจจากชื่อขั้นตอนการสอน เช่น ขั้นอธิบาย ครูจะเป็นผู้อธิบายความรู้ให้นักเรียน สอดคล้องกับ Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001) กล่าวว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติการสอนแบบสืบเสาะในห้องเรียน รวมทั้งเอมอร์ และคนอื่นๆ (2556) ซึ่งพบว่าครู

วิทยาศาสตร์มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยครูไม่สร้างความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นให้กับนักเรียน ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกหรือกำหนดปัญหาวิเคราะห์กระบวนการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งครูยังขาดการให้ข้อมูลย้อนกลับและขาดการนำให้นักเรียนสรุป

ในการจัดการเรียนรู้ครูวิชาและครูอารีย์ใช้วิธีสอนแบบบรรยายในเนื้อหาเรื่องบรรยากาศและเมฆ และดินและแหล่งน้ำ ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่าครูทั้ง 2 คน ไม่ตระหนักถึงเนื้อหาในการใช้วิธีสอน รวมทั้งในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ครูขาดการวิเคราะห์หลักสูตรส่งผลให้ออกแบบการเรียนรู้และปฏิบัติการสอนไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัดในหลักสูตร สะท้อนให้เห็นว่าครูยังขาดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน อาจเนื่องมาจากครูขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์หลักสูตรสู่การออกแบบการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2558) ซึ่งพบว่าครูเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ไม่ครอบคลุมตัวชี้วัด เนื่องจากครูขาดการวิเคราะห์หลักสูตรก่อนการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งผลการวิจัยของ กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์ (2560) ซึ่งพบว่าครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ครูจำเป็นต้องมีความเข้าใจว่าเนื้อหาที่สอนมีอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างไรและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนในเนื้อหานี้เป็นอย่างไร (Shulman, L. S., 1986) ตลอดจนสามารถเลือกใช้กลวิธีสอนหรือสื่อการเรียนรู้ที่เป็นตัวแทนความคิด (representation) ของเนื้อหาที่สอนได้อย่างจำเพาะกับธรรมชาติของเนื้อหา เช่น การใช้ตัวแทนความคิด การใช้แบบจำลอง ภาพเคลื่อนไหว (animation) สถานการณ์จำลองเสมือนทางวิทยาศาสตร์ (simulations) เป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Jimoyiannis, A., 2010)

เมื่อเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูได้เรียนรู้แนวทางการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จากกิจกรรมวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ครูทั้ง 2 คน มีความเข้าใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากครูได้เรียนรู้หลักการสืบเสาะหาความรู้ ระดับของการสืบเสาะหาความรู้ รวมทั้งขั้นตอนในวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ครูมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในการประชุมเชิงปฏิบัติการซึ่งครูทั้ง 2 คน ต่างใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ เจน ศีก โปธิศาสตร์ (2553) ซึ่งได้จัดการประชุมเชิงปฏิบัติการครูวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ พบว่า ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบกับครูได้ปฏิบัติการทดลองเรื่องปฏิกิริยาเคมีรวมทั้งได้นำเสนอและอภิปรายผลการทดลอง ส่งผลให้ครูมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีและเลือกใช้วิธี

สอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา สะท้อนให้เห็นว่าครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน เนื่องจากครูได้ปฏิบัติการทดลองทำให้ได้รับประสบการณ์ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยตรงเสมือนมีบทบาทเป็นผู้เรียน จึงนำผลการทดลองในเรื่องปฏิกิริยาเคมีมาอภิปรายและสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ สอดคล้องกับ กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์ (2560) ซึ่งได้จัดการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยมีกิจกรรมกลเม็ดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะซึ่งให้ครูได้ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์และอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน ผลการวิจัยพบว่า ครูมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้

เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ในช่วงแรกครูวิณายังปฏิบัติการสอนได้ไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้และไม่สอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดในการอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่เมื่อได้ทำการสะท้อนการปฏิบัติการสอนร่วมกับครูอารีย์ ทำให้ครูวิณาเห็นจุดบกพร่องและปรับปรุงแก้ไขจนทำให้การปฏิบัติการสอนในเรื่องถัดไปครูวิณาสามารถปฏิบัติการสอนได้สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ และครูอารีย์ก็สามารถปฏิบัติการสอนเรื่องปฏิกิริยาเคมีได้สอดคล้องกับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ได้ทุกครั้งและสอดคล้องกับแนวทางการสร้างตัวแทนความคิด โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับด้วยตนเอง อาจเนื่องมาจากการที่ครูได้ร่วมกันออกแบบบทเรียนและสะท้อนบทเรียนในประเด็นการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้ครูเข้าใจคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ในทางปฏิบัติมากขึ้น จึงส่งผลให้ครูมีการพัฒนาความรู้ในวิธีสอน สอดคล้องกับ Stewart, R. A., & Brendefur, J. L. (2005) ซึ่งระบุว่ากระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันซึ่งครูเป็นผู้ขับเคลื่อนทำให้ครูสามารถปรับปรุงเพื่อพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียน รวมทั้งผลการวิจัยของ Lertdechapat, K., & Faikhamta, C. (2021) ใช้การพัฒนาบทเรียนร่วมกันเพื่อพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพิ่มเติมศึกษา พบว่า การเรียนรู้ของครูจากการอภิปรายเกี่ยวกับบทเรียนที่ได้ปรับปรุงและนำไปใช้สอนสามารถช่วยให้ครูพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพิ่มเติมศึกษาได้

ครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่หลากหลายจากกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบกับการเรียนรู้จากประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนทำให้ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาและวิธีสอน ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิณามีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่เป็นเทคโนโลยีประเภทพื้นฐาน เช่น โปรแกรม PowerPoint คลิปวิดีโอ อินเทอร์เน็ต จึงส่งผลให้ครูวิณาใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหา อาจเนื่องมาจากครูขาดความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน

ทำให้การปฏิบัติการสอนในห้องเรียนใช้เพียงแต่เทคโนโลยีพื้นฐานในลักษณะสื่อกลางประกอบการบรรยาย สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Rodríguez-Becerra et al. (2020) ซึ่งพบว่า ครูมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากขาดทักษะการฝึกปฏิบัติในการเรียนรู้สื่อเทคโนโลยี ในขณะที่ครูอารย์มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีใช้ในการจัดการเรียนการสอนค่อนข้างหลากหลาย เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แอปพลิเคชันจากสมาร์ทโฟน เครื่องมือดิจิทัลทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครูอารย์มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีใช้ในการจัดการเรียนการสอนค่อนข้างหลากหลาย ตัวอย่างเช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แอปพลิเคชันจากสมาร์ทโฟน เครื่องมือดิจิทัลทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี AR เว็บไซต์ที่ให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ สสวท. อินเทอร์เน็ต Google ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีระหว่างครูวิชาและครูอารย์แตกต่างกันคือช่วงวัยของครูและประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน ซึ่งครูที่เติบโตมาพร้อมกับยุคที่ขับเคลื่อนด้วยการพัฒนาประเทศทางด้านเทคโนโลยีอย่างเช่นครูอารย์อาจมีการเข้าถึงการใช้เทคโนโลยีในชีวิตประจำวันได้มากกว่าครูวิชา สอดคล้องกับ Prensky, M. (2001) ซึ่งกล่าวว่า การที่ครูแต่ละคนมีความรู้ ความสามารถในด้านการใช้เทคโนโลยีแตกต่างกัน ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากช่วงวัยของครูที่บางคนเติบโตมาก่อนการพัฒนาของเทคโนโลยีและเรียนรู้เทคโนโลยีภายหลังทำให้มีความรู้ความสามารถในด้านการใช้เทคโนโลยีไม่มากนักซึ่งแตกต่างจากครูที่เติบโตมาพร้อมกับการพัฒนาทางเทคโนโลยี ส่งผลให้มีความรู้ความสามารถในด้านการใช้เทคโนโลยีมากกว่า อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าครูอารย์จะมีความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายแต่ก็ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติการสอนได้ เนื่องจากครูอารย์มีความสับสนในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยี จึงใช้เพียงโปรแกรม PowerPoint ในการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Pringle, R. M., Dawson, K., & Ritzhaupt, A. D. (2015) ที่พบว่าครูวิทยาศาสตร์ยังใช้เทคโนโลยีได้ไม่หลากหลายในการจัดการเรียนการสอน รวมทั้งผลการวิจัยของ Dawson, K., Ritzhaupt, A., Liu, F., Rodriguez, P., & Frey, C. (2013) ซึ่งพบว่าก่อนการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ครูวิทยาศาสตร์มักจะออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อเทคโนโลยีในรูปแบบเอกสารเป็นหลักและใช้เทคโนโลยีที่ส่งเสริมการสืบค้นข้อมูลค่อนข้างน้อย เช่น เว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามการ

การสอนโดยใช้เทคโนโลยีครูควรใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น สื่อปฏิสัมพันธ์ (interactive) สถานการณ์จำลอง (simulation) (Chittleborough, G., 2014) รวมทั้งสื่อออนไลน์จากเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Lee, M. H., & Tsai, C. C., 2010)

เมื่อครูได้ร่วมกิจกรรมสื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ครูได้ทดลองใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งครูสามารถอธิบายจุดเด่น วิธีการใช้ ข้อจำกัดได้ถูกต้อง รวมถึงครูสามารถเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม สะท้อนให้

เห็นว่ากิจกรรมนี้ช่วยให้ครูพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีจึงส่งผลให้ครูสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้จำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ อาจเนื่องมาจากครูได้รับประสบการณ์ตรงจากการได้ทดลองใช้สื่อเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์รวมทั้งได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้การใช้สื่อเทคโนโลยีแต่ละประเภทร่วมกับครูคนอื่น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jimoyiannis, A. (2010) ซึ่งได้ออกแบบหลักสูตรพัฒนาความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสำหรับครูวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการบูรณาการเทคโนโลยีในการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน โดยแนะนำทักษะพื้นฐานในการใช้เทคโนโลยีในวิทยาศาสตร์ จากนั้นจึงทำการออกแบบบทเรียนและนำบทเรียนไปใช้ในห้องเรียนและร่วมกันให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อทำการปรับปรุงบทเรียน ผลการวิจัยพบว่าครูวิทยาศาสตร์มีความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์รวมทั้งครูวิทยาศาสตร์สามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ด้านเนื้อหา วิธีสอนและวิธีสอนมากกว่าการมองแบบแยกส่วน รวมทั้งงานวิจัยของ Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. (2015) ซึ่งจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการโดยมีกิจกรรมที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีของครูในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมสามารถช่วยพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันครูวิชาใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้บทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลของ สสวท. โปรแกรม PhET และแอปพลิเคชัน Beaker ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี โดยในช่วงแรกครูวิชาไม่มีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียน เนื่องจากเป็นการปฏิบัติการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหาโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นครั้งแรก จึงทำให้ครูเกิดความกังวลและประหม่าแต่เมื่อได้ทำการสะท้อนการปฏิบัติการสอนและเรียนรู้ข้อบกพร่องจากประสบการณ์สอนจึงทำให้ครูวิชามีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีและมีการพัฒนาความรู้ด้านเทคโนโลยีมากขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าครูที่มีพื้นฐานด้านเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ที่จำกัดต้องอาศัยเวลาในการเรียนรู้จากประสบการณ์ในการปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีจึงจะสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน ในส่วนของครูอารีย์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้บทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ โปรแกรม PowerPoint ภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลของ สสวท. และจากเว็บไซต์ ACS โปรแกรม PhET แอปพลิเคชัน Beaker แอปพลิเคชัน Jamboard และแอปพลิเคชัน Plickers ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมี ซึ่งครูอารีย์การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีกับวิธีสอนแบบสืบเสาะได้อย่างมั่นใจทุกครั้งและสามารถเลือกเทคโนโลยีได้จำเพาะกับเนื้อหาที่สอน เนื่องจากครูอารีย์มีพื้นฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีที่หลากหลายจึงสามารถเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Morsink et al. (2011) ซึ่งได้จัดโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูโดยจัดให้ครูได้เรียนรู้ได้เรียนรู้เกี่ยวกับเครื่องมือดิจิทัล จากนั้นจึง

ทำการออกแบบหลักสูตรและนำไปใช้ในโรงเรียน พบว่า ครูมีการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนมากขึ้น เนื่องจากครูได้รับประสบการณ์ตรงในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ประกอบกับการอภิปรายเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ร่วมกับกลุ่มครู

ครูเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนจากการสอนแบบบรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูวิชาและครุอาเรียเน้นการสอนแบบบรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นสื่อประกอบการสอนทุกเนื้อหา โดยส่วนใหญ่ครูจะบรรยายตามข้อความและรูปภาพที่ปรากฏในการนำเสนอ และให้นักเรียนจดบันทึกเนื้อหาสาระสำคัญลงในใบกิจกรรม ซึ่งครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนว่าเป็นการนำสื่อเทคโนโลยีมาใช้ประกอบการบรรยายและนำเสนอเนื้อหา สะท้อนให้เห็นว่าครูวิทยาศาสตร์ยังขาดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี อาจเนื่องมาจากครูขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ครูใช้เทคโนโลยีไม่จำเพาะกับเนื้อหาและไม่เหมาะสมกับวิธีสอน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Graham et al., (2009) ซึ่งว่าครูวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือในการเรียนรู้ของผู้เรียนเมื่อจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เนื่องจากขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สื่อเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่สอน รวมทั้งผลการวิจัยของกอบวิทย์ พิริยะวัฒน์ (2560) ที่พบว่าครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมักจะใช้เทคโนโลยีประกอบการบรรยายหรือนำเสนอเนื้อหาเท่านั้น ซึ่งครูไม่สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมคุณลักษณะที่สำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

เมื่อครูได้ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้แนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์จากการศึกษางานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาและออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี ซึ่งพบว่าครูทั้ง 2 คน สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีในการสอนแบบสืบเสาะ อาจเนื่องมาจากครูได้เห็นแนวทางการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์จากการศึกษางานวิจัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009) ซึ่งจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการที่มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า ครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีมากขึ้น รวมทั้งงานวิจัยของ Kafyulilo, A. C., Fisser, P., & Voogt, J. (2015) ซึ่งจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการ โดยมีกิจกรรมการแนะนำความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี การฝึกอบรมการค้นหาและการดาวน์โหลดสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ออนไลน์ผลการวิจัยพบว่า ครูมีการพัฒนาความรู้และทักษะในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าครูจะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีในชั้นการสำรวจ ตรวจสอบ แต่การใช้เทคโนโลยียังไม่สนับสนุนให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้เพื่อสร้างคำอธิบาย ปรากฏการณ์ที่ศึกษา จึงสะท้อนให้เห็นว่าครูมีความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่ยังไม่ สมบูรณ์ อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการเรียนรู้และพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีในการ ประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ค่อนข้างน้อยรวมทั้งครูผู้เข้าร่วมเพิ่งเคยเข้ารับการประชุมเชิงปฏิบัติการที่ ส่งเสริมการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงต้องอาศัยระยะเวลาในการพัฒนา ความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่จำเพาะกับเนื้อหา และเหมาะสมกับวิธีสอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ เจนศึก โปธิศาสตร์ (2553) ซึ่งได้จัดการประชุม เชิงปฏิบัติการโดยใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อ สิ้นสุดกิจกรรมการพัฒนาความรู้การจัดการหลักสูตรสถานศึกษาและสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บูรณาการเทคโนโลยี ครูยังมีการออกแบบการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกำหนดวัตถุประสงค์การ เรียนรู้ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ดังนั้นในกิจกรรมการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณา การเทคโนโลยีนอกจากให้ครูได้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ควรให้ครูได้ทดลองปฏิบัติการสอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อทำให้ครูเรียนรู้จากประสบการณ์โดยการได้ปฏิบัติการสอนจริง ซึ่งจะส่งผลให้ครูเกิดการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้มากขึ้น

เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ในช่วงแรกถึงแม้ว่าครูทั้ง 2 คนจะออกแบบ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ แต่ในการปฏิบัติการสอนครูทั้ง 2 คนยังมี พฤติกรรมการสอนที่ยังใช้วิธีสอนแบบบรรยายอยู่ เช่น ในชั้นอธิบาย ส่วนใหญ่ครูมีบทบาทในการ อธิบายเนื้อหาแก่ผู้เรียนรวมทั้งใช้คำถามกระตุ้นการคิดของผู้เรียนค่อนข้างน้อย แต่เมื่อครูได้ร่วมกัน สะท้อนการปฏิบัติการสอนทำให้เห็นจุดบกพร่องในประเด็นต่าง ๆ เช่น ผลการใช้เทคโนโลยีกับการ เรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ พฤติกรรมของผู้เรียนในการใช้เทคโนโลยี และได้ทำการปรับปรุงบทเรียนร่วมกัน ทำให้การปฏิบัติการสอนครั้งต่อมาครูสามารถใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้สอดคล้อง กับคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ อาจเนื่องมาจากการที่ครูได้สะท้อนปัญหาที่พบและร่วมกัน หาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข เสมือนครูไม่ได้เผชิญปัญหาของผู้เดียว แต่ยังมีเพื่อนครูที่ช่วยส่งเสริม การพัฒนาบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีให้มีคุณภาพ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ของ Juhler, M. V. (2016) ซึ่งใช้การพัฒนาบทเรียนร่วมกันร่วมกับตัวแทนด้านเนื้อหา (Content Representation) ในการพัฒนาบทเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งพบว่า ครูวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธี สอนและเทคโนโลยีได้สอดคล้องกับองค์ประกอบ เนื่องจากครูได้วางแผนออกแบบบทเรียนและ สะท้อนบทเรียนร่วมกัน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูทั้ง 2 คน มีการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนจากการสอนแบบบรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ อาจเนื่องมาจากครูมีความเข้าใจในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ประกอบกับครูสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติการสอนโดยเรียนรู้จากประสบการณ์ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียน รวมทั้งครูมีการเปิดใจในการเรียนรู้และยอมรับการเปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kafyulilo, A., Fisser, P., & Voogt, J. (2016) ซึ่งใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพซึ่งประกอบด้วยการประชุมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์และการทำงานในทีมออกแบบเตรียมบทเรียนที่เสริมสร้างเทคโนโลยีในบทเรียนวิทยาศาสตร์ การนำบทเรียนไปใช้ในห้องเรียน และการสะท้อนด้านการออกแบบบทเรียนและการนำบทเรียนไปใช้ ผลการวิจัย พบว่า หลังการเข้าร่วมพัฒนาวิชาชีพครูมีการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน จากการพัฒนาความรู้และทักษะในการใช้เทคโนโลยีบูรณาการกับวิธีสอนสูงขึ้นมากกว่าก่อนเข้าร่วมพัฒนาวิชาชีพ โดยการร่วมมือในทีมออกแบบมีประสิทธิภาพทำให้ครูสามารถแลกเปลี่ยนความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และความท้าทายเกี่ยวกับการสอนที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี และผลการวิจัยของ กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์ (2560) ซึ่งได้ออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพในลักษณะของการเรียนรู้ระหว่างปฏิบัติงาน (Learning on the job) โดยครูเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงและเรียนรู้ระหว่างปฏิบัติงานตามทรัพยากรและบริบทของสถานที่ปฏิบัติงาน ซึ่งมีการนิเทศการสะท้อนความคิดต่อการจัดการเรียนรู้ของครู ผลการวิจัยพบว่า ครูได้รับการพัฒนาในองค์ประกอบด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้และองค์ประกอบด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะทำให้ครูสามารถบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา ด้านวิธีสอน และด้านเทคโนโลยีเข้าด้วยกันได้ ส่งผลให้ครูสามารถออกแบบและปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ครูมีมุมมองและประสบการณ์ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ต่างกันส่งผลให้ครูมีรูปแบบการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน จากผลการวิจัย พบว่า ครูอารีย์และครูวีณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน โดยวิเคราะห์จากแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ซึ่งครูวีณาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นสำรวจและค้นหา ส่วนครูอารีย์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีในชั้นสร้างความสนใจชั้นสำรวจและค้นหา และชั้นประเมิน อาจเนื่องมาจากครูทั้ง 2 คน มีมุมมองและประสบการณ์ในการ

ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ต่างกัน กรณีครูวิณามีมุมมองการใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน จึงมักจะใช้เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจและค้นหาเพียงขั้นเดียว เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อนำหลักฐานมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เช่น การนำเทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหวมาช่วยอธิบายผลการทดลองเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุล สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากการบูรณาการเทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบของผู้เรียน สอดคล้องกับ Koehler et al. (2014) ซึ่งกล่าวถึงการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากการนำเทคโนโลยีมาเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา ส่วนกรณีครูวิณามีมุมมองในการใช้เทคโนโลยีแบ่งเป็น 2 ประการ คือ 1) การใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือในการส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การใช้เทคโนโลยีในขั้นสร้างความสนใจเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน และการใช้เทคโนโลยีในขั้นประเมิน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน และ 2) การใช้เทคโนโลยีในฐานะเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนในขั้นสำรวจและค้นหา เช่น การนำเทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหวมาช่วยอธิบายผลการทดลองเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมีในระดับโมเลกุล สะท้อนให้เห็นว่าครูวิณามีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากการบูรณาการเทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียนและการตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียน สอดคล้องกับ Koehler et al. (2014) ซึ่งกล่าวถึงการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีโดยความรู้ด้านเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กับความรู้ด้านเนื้อหาและความรู้ด้านวิธีสอน

ครูวิทยาศาสตร์พัฒนาบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ส่งเสริมการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ข้อค้นพบของงานวิจัย พบว่า ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้บทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ครูนำเทคโนโลยีมาใช้ในลักษณะของเครื่องมือที่ช่วยผู้เรียนในการสืบเสาะหาความรู้จากการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาจากผลการทดลอง ซึ่งในขั้นสำรวจและค้นหานักเรียนจะทำการทดลองในเรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวล การถ่ายโอนความร้อนของปฏิกิริยาเคมี และปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะและเบสกับโลหะเพื่อให้ได้หลักฐานเชิงประจักษ์ซึ่งเป็นตัวแทนความคิดระดับมหภาคที่ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ จากนั้นผู้เรียนจะอธิบายผลการทดลองในระดับโมเลกุลและระดับสัญลักษณ์ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ โดยการสร้างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน จากนั้นจึงทำการศึกษาเทคโนโลยีภาพเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุลและแอปพลิเคชัน Beaker สมการเคมีในการตรวจสอบลักษณะสำคัญและความสอดคล้องกับตัวแทนความคิดของตนเอง หากไม่สอดคล้องผู้เรียนจะทำการปรับปรุงแก้ไขตัวแทนความคิด ซึ่งในขั้นอธิบายผู้เรียนก็จะใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ ได้แก่ ตัวแทน

ความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ มาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ทำให้ได้ บทเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกในเรื่องปฏิกิริยาเคมี อาจเนื่องมาจากครูทั้ง 2 คน นำความรู้จากการศึกษางานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษามาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สอดคล้องกับ Graham et al. (2009) ซึ่งใช้โปรแกรมพัฒนาวิชาชีพที่เน้นประสบการณ์ในวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ครูวิทยาศาสตร์สามารถออกแบบบทเรียนโดยใช้สื่อเทคโนโลยีที่มีความจำเพาะกับเนื้อหาเพื่อช่วยส่งเสริมผู้เรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรม โดย Johnstone, A. H. (1993) นักเคมีศึกษาได้กล่าวถึง จุดมุ่งหมายในการเรียนเนื้อหาสาระเคมีว่าผู้เรียนจำเป็นต้องเข้าใจโมทัศน์ทางเคมีโดยแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้น และ Tasker, R., & Dalton, R. (2006) ที่กล่าวว่า หากนักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้จะทำให้ นักเรียนเข้าใจโมทัศน์ทางเคมีจากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ ทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นด้วยความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง

ครูวิทยาศาสตร์พัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากการเรียนรู้ที่ฝังอยู่ในงานปฏิบัติการสอนประจำวันในสถานศึกษา ข้อค้นพบสำคัญอีกประการหนึ่งของงานวิจัยนี้ คือ ครูวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจากโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันเรื่องปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการที่เสมือนได้ฝังตัวและเป็นส่วนหนึ่งในหน้าที่การปฏิบัติงานสอนประจำวันของครู ทำให้ครูวิณาและครูอารีย์มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีกับการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไม่ว่าจะเป็นในขั้นตอนการออกแบบบทเรียนร่วมกัน การปฏิบัติการสอน การสังเกตการปฏิบัติการสอน การสะท้อนและปรับปรุงบทเรียน ซึ่งอยู่ในขอบข่ายหน้าที่หลักในงานประจำของครู ไม่ได้เป็นการเพิ่มภาระงานให้ครู จึงส่งผลให้ครูวิณาและครูอารีย์มีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง อาจเนื่องมาจากการที่ครูได้พัฒนาบทเรียนร่วมกัน ทำให้ครูไม่รู้สึกโดดเดี่ยวในการจัดการเรียนรู้และเรียนรู้ไปพร้อมกันขณะที่ปฏิบัติงานประจำวัน ซึ่งครูได้ทำงานร่วมกันและคอยช่วยเหลือและสนับสนุนตลอดการจัดการเรียนรู้ในบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Borthwick, A., & Pierson, M. (2008) ซึ่งพบว่า ความสำเร็จของการพัฒนาวิชาชีพ โดยการกระตุ้นให้ครูเริ่มฝึกตนเองจากการคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ของการทำงาน ซึ่งสามารถพัฒนาการสอนและการเรียนรู้จากการร่วมมือกันกับเพื่อนร่วมงานที่มีประสบการณ์มากกว่าเพื่อแก้ปัญหาในเชิงปฏิบัติการ ประเมินผล การสะท้อนข้อค้นพบซึ่งกันและกัน ส่งผลให้ครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี รวมทั้งสอดคล้องกับ Zepeda, S. J. (2014) ซึ่งได้เสนอแนวทางการพัฒนาวิชาชีพผ่านเรียนรู้ไปพร้อมกันขณะที่ครูทำงานประจำวันร่วมกัน โดยที่ครูจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในบริบทของห้องเรียนที่ตนเองสอนและยอมรับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนพัฒนาและสิ่งที่

ต้องปรับปรุงในการปฏิบัติการสอน การมีส่วนร่วมในการสะท้อนบทเรียนจึงช่วยให้ครูได้เจาะลึกในการปฏิบัติการสอนที่มุ่งเน้นด้านความรู้เนื้อหาและการเชื่อมโยงไปยังวิธีสอนและการใช้เทคโนโลยี ดังนั้นความสำเร็จของการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีจึงเกิดจากการที่ครูได้เรียนรู้วิชาชีพที่ฝังอยู่ในงานปฏิบัติการสอนประจำวันของครูจากการสร้างความมั่นใจในตนเองและผู้อื่นด้วยการเรียนรู้ร่วมกัน

ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยมีความสัมพันธ์ในลักษณะของเพื่อนร่วมงานจึงทำให้โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันมีความไว้วางใจซึ่งกันและกันสามารถแลกเปลี่ยนความคิดและให้ข้อมูลย้อนกลับได้อย่างตรงไปตรงมา ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยปฏิบัติงานอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้เดียวกันซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นวิทยากรในการจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการและเป็นผู้อำนวยการความสะดวกในการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ด้วยความสัมพันธ์ในลักษณะเพื่อนร่วมงาน ครูผู้ร่วมวิจัยได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลในการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน รวมถึงครูมีความพยายามในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี โดยเฉพาะในการสะท้อนบทเรียน ครูทั้ง 2 คนต่างเปิดใจยอมรับฟังการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปปรับปรุงบทเรียน รวมทั้งครูยอมรับที่จะเปลี่ยนแปลงแนวทางการจัดการเรียนรู้จากการบรรยายมาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ของผู้เรียน อาจจะเนื่องมาจากความสัมพันธ์ระหว่างผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยมีลักษณะของเพื่อนร่วมงาน จึงเกิดความสบายใจ ความไว้วางใจซึ่งกันและกัน สามารถยืดหยุ่นในเรื่องของตารางเวลาในการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cajkler et al. (2015) ซึ่งพบว่าครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้ในสถานศึกษาเดียวกันมาพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ทำให้เกิดความไว้วางใจซึ่งกันและกันมีความสบายใจในการพัฒนาบทเรียน ครูมองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ลึกซึ้งเนื่องจากเข้าใจธรรมชาติของผู้เรียน ทำให้สามารถสะท้อนการสอนและให้ข้อมูลย้อนกลับได้อย่างตรงไปตรงมาเพื่อให้ได้บทเรียนที่มีคุณภาพ

ปัจจัยเสริมความสำเร็จในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์คือการสนับสนุนเชิงนโยบายของผู้บริหารสถานศึกษา ผู้บริหารเป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จของการพัฒนาวิชาชีพ ในการสนับสนุนเชิงนโยบายโดยให้ครูแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้สร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพ เพื่อมาร่วมประชุม แลกเปลี่ยนความคิด สะท้อนถึงปัญหา และอุปสรรคที่พบในการจัดการเรียนรู้แต่ละรายวิชาพร้อมทั้งร่วมกันเสนอแนวทางแก้ไข โดยกำหนดให้ใช้เวลาหลังเลิกเรียนสัปดาห์ละ 1 วัน เป็นช่วงเวลาในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้ ซึ่งชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพนี้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนางานเพื่อยื่นขอให้มีหรือเลื่อนวิทยฐานะที่สูงขึ้น ดังนั้นนโยบายของผู้บริหารสถานศึกษาจึงมีความสำคัญจำเป็นต่อการปฏิบัติงานและความก้าวหน้าในวิชาชีพของครู ทำให้ครูเห็นความสำคัญของการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อพัฒนาการ

จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนและมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ สะท้อนให้เห็นว่าการสนับสนุนเชิงนโยบายของผู้บริหารสถานศึกษาเสมือนเป็นปัจจัยเสริมความสำเร็จในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ผ่านโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน สอดคล้องกับองค์ประกอบสำคัญของกลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพโดยการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ซึ่งผู้บริหารมีส่วนสำคัญในการสนับสนุนการจัดสรรเวลาให้ครูร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้และพัฒนาบทเรียนร่วมกัน รวมทั้งการจัดสรรทรัพยากรในการจัดการเรียนรู้ เช่น สื่อเทคโนโลยี วัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งเป็นปัจจัยที่สนับสนุนความสำเร็จในการพัฒนาวิชาชีพครู (Loucks-Horsley et al., 2010)

ในบริบทโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาสามารถพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ได้ บริบทโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษามีข้อจำกัดในด้านงบประมาณและความพร้อมของสื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ เช่น คอมพิวเตอร์ ระบบอินเทอร์เน็ต รวมทั้งข้อจำกัดด้านการเข้าถึงทรัพยากรทางการเรียนรู้ เช่น ความเสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ต่างอำเภอ ดังนั้นความท้าทายในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัยคือมีแนวทางในการพัฒนาครูอย่างไรให้สามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ต้องตระหนักคือการใช้เทคโนโลยีควรไม่ควรอยู่ในระดับขั้นสูงมากเกินไป ควรเป็นเทคโนโลยีในระดับพื้นฐานที่หลากหลายและมีความจำเพาะกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เน้นการใช้สื่อเทคโนโลยีที่ผู้เรียนมีอยู่แล้ว ได้แก่ การใช้โทรศัพท์สมาร์ตโฟนในการเรียนรู้จากเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ โดยครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยีในระดับรับมาใช้ (Adoption integration) โดยครูอำนวยความสะดวกแนะนำการใช้เทคโนโลยีกับนักเรียนตามขั้นตอนที่มีแบบแผน เช่น ในคู่มือ เนื่องจากเป็นการรับมาใช้ การดำเนินการหรือกิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นไปตามขั้นตอน (สุทธิดา จารัส, 2563, น. 18-21) และถึงแม้ว่าครูจะมีฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีที่แตกต่างกันก็ไม่เป็นอุปสรรคในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เทคโนโลยี เนื่องจากการร่วมกันออกแบบบทเรียนและปรับปรุงบทเรียนครูจะคอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนซึ่งกันและกัน ทำให้ครูสามารถเรียนรู้การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูเน้นการสอนแบบบรรยายโดยใช้เทคโนโลยีในลักษณะของสื่อประกอบการบรรยาย สะท้อนให้เห็นว่าครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ในระหว่างการเข้าร่วมโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน พบว่า ในกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ ครูเปิดใจในการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีได้แต่ยังไม่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี เมื่อเข้าสู่การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ครูได้แลกเปลี่ยนความคิด สะท้อนการปฏิบัติการสอน ส่งผลให้ครูเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนโดยสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้เพื่ออธิบายปฏิกิริยาเคมีที่ศึกษาได้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี จากผลการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะการนำผลวิจัยไปใช้และการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผู้วิจัยออกแบบโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ภายใต้บริบทโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาจากผลการศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ก่อนการเข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ซึ่งพบว่าครูขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ดังนั้นในการนำโปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันไปใช้จึงควรตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูผู้เข้าร่วมก่อน เพื่อที่ครูผู้เข้าร่วมจะได้เกิดการพัฒนาคำรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีสอดคล้องกับเป้าหมายของโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพ

2. ข้อค้นพบในการวิจัยนี้พบว่าการพัฒนาวิชาชีพจากการเรียนรู้ที่ฝังอยู่ในงานปฏิบัติการสอนประจำวันในสถานศึกษาสามารถส่งเสริมการพัฒนาคำรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นในการพัฒนาบทเรียนร่วมกันควรปฏิบัติให้เป็นกิจวัตรประจำวันในการทำงานเพื่อนำผลการปฏิบัติการสอน รวมทั้งหลักฐานชิ้นงานหรือไปกิจกรรมของผู้เรียนมาวิเคราะห์และร่วมกันสะท้อนและปรับปรุงบทเรียนให้มีประสิทธิภาพ

3. ข้อค้นพบในการวิจัยครั้งนี้พบว่า ขั้นตอนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาคำรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีคือการแลกเปลี่ยนความคิดและการสะท้อนการปฏิบัติ ดังนั้นในการประชุมเชิงปฏิบัติการควรส่งเสริมให้ครูได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดและสะท้อนถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม และในกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกันควรส่งเสริมให้ครูมีบทบาทในการแสดง

ความคิดเห็นในการออกแบบบทเรียนรวมทั้งการสะท้อนบทเรียนจากการสังเกตการปฏิบัติการสอน และการวิเคราะห์ชิ้นงานของผู้เรียน

4. ข้อค้นพบในการวิจัยครั้งนี้พบว่า การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานจึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนโดยใช้เทคโนโลยีของครู ดังนั้นในการใช้โปรแกรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการพัฒนาบทเรียนร่วมกันจึงต้องอาศัยเวลาในการปรับเปลี่ยนมุมมองเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ เมื่อครูได้เรียนรู้จากประสบการณ์ในการปฏิบัติการสอน การปรับปรุงบทเรียนร่วมกันจนเห็นผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ของผู้เรียนจึงจะส่งผลให้ครูเกิดการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

5. ผู้บริหารสถานศึกษาควรให้การสนับสนุนในการจัดสรรเวลาเพื่อให้ครูมีช่วงเวลาในการพัฒนาบทเรียนร่วมกันรวมทั้งสนับสนุนการเข้าถึงทรัพยากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เช่น เครื่องฉายไร้สาย สื่อ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจัดการเรียนการสอน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์เรื่องปฏิกิริยาเคมี ไม่ได้ทำการวัดทุกแนวคิดในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการตรวจสอบตรวจสอบความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีทุกแนวคิดในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2. จากการวิเคราะห์ข้ามกรณีในองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ พบว่า ครูพัฒนาองค์ประกอบด้านความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีได้ค่อนข้างช้า ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรเน้นการศึกษาเชิงลึกในองค์ประกอบความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยีเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาครูให้สามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนได้รวดเร็วมากขึ้น

3. ข้อค้นพบในงานวิจัยครั้งนี้พบว่า การพัฒนาครูโดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้อย่างสมบูรณ์ ครูต้องนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการพัฒนาบทเรียนร่วมกันโดยตรวจสอบการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูจากการออกแบบแผนการจัดการเรียน การปฏิบัติการสอน การแลกเปลี่ยนความคิดและสะท้อนการปฏิบัติการสอนจึงจะสามารถตรวจสอบได้ว่าครูมีการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006) ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครู ไม่ว่าจะเป็นครู ผู้บริหารสถานศึกษา หรือศึกษานิเทศก์ ควรใช้กลวิธีการเรียนรู้วิชาชีพที่หลากหลายในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี ตัวอย่างเช่น การจุ่มตัวในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Immersion in

inquiry in science) การตรวจงานและการคิดของผู้เรียน (Examination work and think students) การศึกษาหัวข้อหลักสูตร (Curriculum topic study) เป็นต้น

4. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครู วิทยาศาสตร์ที่ปฏิบัติการสอนภายในบริบทเดียวกัน การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายบริบท เช่น บริบทโรงเรียนขยายโอกาส ทางการศึกษา บริบทโรงเรียนสังกัดเอกชน บริบทโรงเรียนที่เน้นการพัฒนาอาชีพ เป็นต้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กรรณิการ์ พิมพ์รส. (2546). การศึกษาสภาพและปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของครูในโรงเรียนมัธยมศึกษาที่เข้าร่วมโครงการเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อโรงเรียนไทย สังกัดกรมสามัญศึกษาเขตการศึกษา 10 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560 – 2564). สืบค้น 26 เมษายน 2562 จาก <http://www.kknpeo.moe.go.th/2018/wp-content/uploads/2018/11/เล่มแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ-ฉบับที่-12-พ.ศ.-2560-2564-1-1.pdf>
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). นโยบายและจุดเน้นการจัดการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ 2562. สืบค้น 26 เมษายน 2562 จาก <https://www.moe.go.th/index.php/นโยบายกระทรวงศึกษาธิการ-2562>
- กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, และพัฒน์ จันทร์โรทัย. (2560). พหุกรณีศึกษา: การรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 8(1), 141-171.
- กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์. (2560). การพัฒนาความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแห่งหนึ่ง: การศึกษาพหุกรณี (ปริญญาโทปริญญาโทศึกษาศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2560). วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: คอมมาดีไซน์แอนด์พริ้นท์.
- จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2559). การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์. วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, 6(2), 1-13.
- เจนศึก โปธิศาสตร์. (2553). การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาบูรณาการวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น : กรณีศึกษาโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในเขตจังหวัดนนทบุรี (ปริญญาโทปริญญาโทศึกษาศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- บุปผชาติ ทัพพิกกรณ์. (2551). *การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: โครงการเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ์. (2562). *การจัดการเรียนรู้วิชาเคมีสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- พิเชษฐ์ วงศ์เกียรติขจร. (2559). *แนวทางเพื่อการเรียนรู้ การวิจัยเชิงคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: ปัญญาชนดิศทริบิวเตอร์.
- ภาสกร เรืองรอง, ประหยัด จิระวงพงศ์, วณิชชา แม่นยำ, วิลาวัลย์ สมยาโรน, ศรีณยู หมั่นเดช, และ ชไมพร ศรีสุราช. (2557). *เทคโนโลยีการศึกษากับครูไทยในศตวรรษที่ 21*. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 5(2014), 195-207.
- รุ่งนภา จิตรโรจนรักษ์. (2556). *เปิด 6 อุปสรรคการทำงานครูไทย สอนหนัก ขาดจิตวิญญาณไร้ทักษะ ICT*. สืบค้น 26 เมษายน 2562 จาก <http://www2.eduzones.com/magazine/102762>
- สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มีอาชีพ แนวทางส่งเสริมการสอนที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: อินเทอร์เน็ตดูเคชั่น ซัพพลายส์.
- สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *นวัตกรรมและเทคโนโลยีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564)*. สืบค้น 20 ธันวาคม 2562 จาก https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6422
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). *รายงานการศึกษาไทย พ.ศ. 2561*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
- สุทธิดา จำรัส. (2560). *การเรียนรู้ที่บูรณาการร่วมกับเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.
- ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ. (2559). *ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ เพื่อการจัดการเรียนรู้บูรณาการบริบทชุมชนท้องถิ่นและปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง*. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต*, 12(2), 107-139.

- อมรรัตน์ จินดา. (2558). *สภาพปัญหาและแนวทางการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษาสำหรับสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษานครปฐม เขต 2 (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองปริญญามหาบัณฑิต)*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Angeli, C. (2004). The effects of case-based learning on early childhood pre-service teachers' beliefs about the pedagogical uses of ICT. *Journal of Educational Media*, 29(2), 139-151.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & education*, 52(1), 154-168.
- Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 55(4), 1656-1662.
- Benton-Borghi, B. H. (2013). A Universally Designed for Learning (UDL) infused Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) practitioners' model essential for teacher preparation in the 21st Century. *Journal of educational computing research*, 48(2), 245-265.
- Brooks-Harris, J. E., & Stock-Ward, S. R. (1999). *Workshops: Designing and facilitating experiential learning*. California: Sage Publications.
- Borthwick, A., & Pierson, M. (2008). *Transforming classroom practice: Professional development strategies in educational technology*. Eugene, OR: International Society for Technology in Education.
- Bismack, A. S., Arias, A. M., Davis, E. A., & Palincsar, A. S. (2015). Examining student work for evidence of teacher uptake of educative curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(6), 816-846.
- Brickner, D. (1995). *The effects of first and second order barriers to change on the degree and nature of computer usage of secondary mathematics teachers: A case study* (Unpublished doctoral dissertation). West Lafayette, IN: Purdue University.

- Cajkler, W., Wood, P., Norton, J., Pedder, D., & Xu, H. (2015). Teacher perspectives about lesson study in secondary school departments: A collaborative vehicle for professional learning and practice development. *Research papers in education, 30*(2), 192-213.
- Campbell, T., & Abd-Hamid, N. H. (2013). Technology use in science instruction (TUSI): Aligning the integration of technology in science instruction in ways supportive of science education reform. *Journal of Science Education and Technology, 22*(4), 572-588.
- Chittleborough, G. (2014). Learning how to teach chemistry with technology: Pre-service teachers' experiences with integrating technology into their learning and teaching. *Journal of Science Teacher Education, 25*(4), 373-393.
- Cobb, P., & Yackel, E. (1996). Constructivist, emergent, and sociocultural perspectives in the context of developmental research. *Educational psychologist, 31*(3-4), 175-190.
- Cox, S., & Graham, C. R. (2009). Using an elaborated model of the TPACK framework to analyze and depict teacher knowledge. *TechTrends, 53*(5), 60-69.
- Creswell, J. W. (2003). A framework for design. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches, 9-11.*
- Danday, B. A., & Monterola, S. L. C. (2019). Multiple-representation Physics lesson study: enhancing pre-service teachers' technological content knowledge. *European Journal of Education Studies, 5*(12), 105-130.
- Dawson, V. (2008). Use of information communication technology by early career science teachers in Western Australia. *International Journal of Science Education, 30*(2), 203-219.
- Dawson, K., Ritzhaupt, A., Liu, F., Rodriguez, P., & Frey, C. (2013). Using TPACK as a lens to study the practices of math and science teachers involved in a year-long technology integration initiative. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 32*(4), 395-422.

- Diamond, B. S., Maerten-Rivera, J., Rohrer, R. E., & Lee, O. (2014). Effectiveness of a curricular and professional development intervention at improving elementary teachers' science content knowledge and student achievement outcomes: Year 1 results. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(5), 635-658.
- Doering, A., Veletsianos, G., Scharber, C., & Miller, C. (2009). Using the technological, pedagogical, and content knowledge framework to design online learning environments and professional development. *Journal of educational computing research*, *41*(3), 319-346.
- Donnelly, D., McGarr, O., & O'Reilly, J. (2011). A framework for teachers' integration of ICT into their classroom practice. *Computers & Education*, *57*(2), 1469-1483.
- Dwyer, D. C., Ringstaff, C., & Sandholtz, J. H. (1991). Changes in teachers' beliefs and practices in technology-rich classrooms. *Educational leadership*, *48*(8), 45-52.
- Edinson, R. (2011). *Advantages and Disadvantages ICT Integration in the Classroom*. Retrieved from <http://www.cenarestgabon.org/advantages-and-disadvantagesict-integration-in-the-classroom.html>
- Ekanayake, S. Y., & Wishart, J. (2015). Integrating mobile phones into teaching and learning: A case study of teacher training through professional development workshops. *British Journal of Educational Technology*, *46*(1), 173-189.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemical education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*, *76*, 548-554.
- Graham, R. C., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., St Clair, L., & Harris, R. (2009). Measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. *TechTrends*, *53*(5), 70-79.
- Graham, C. R. (2011). Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, *57*(3), 1953-1960.
- Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2009). Teaching science with technology: case studies of science teachers' development of technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, *9*(1), 25-45.

- Guzey, S. S., & Roehrig, G. H. (2012). Integrating educational technology into the secondary science teaching. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 12(2), 162-183.
- Harris, J. B. (2008). TPACK in in-service education: Assisting experienced teachers' "planned improvisations". In *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 251-271). N.P.: n.p.
- Harris, J., & Hofer, M. (2009, March). Instructional planning activity types as vehicles for curriculum-based TPACK development. In *Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 4087-4095). N.P.: n.p.
- Hechter, R., & Phyfe, L. (2011, March). TPACK in the science methods classroom: Focusing on the space between. In *Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 4115-4121). N.P.: n.p.
- Heller, J. I., Daehler, K. R., Wong, N., Shinohara, M., & Miratrix, L. W. (2012). Differential effects of three professional development models on teacher knowledge and student achievement in elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(3), 333-362.
- Hsu, Y. S., Yeh, Y. F., & Wu, H. K. (2015). *The TPACK-P framework for science teachers in a practical teaching context*. Singapore: Development of Science Teachers' TPACK, Springer.
- Irving, K. E. (2006). The impact of technology on the 21st century classroom. *Teaching science in the 21st century*, 3-20.
- Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2012). A macro-micro-symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973-998.
- Jang, S. J., & Tsai, M. F. (2013). Exploring the TPACK of Taiwanese secondary school science teachers using a new contextualized TPACK model. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(4).
- Janssen, N., & Lazonder, A. W. (2015). Implementing innovative technologies through lesson plans: what kind of support do teachers prefer?. *Journal of science education and technology*, 24(6), 910-920.

- Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. (2015). A case study of a TPACK-based approach to teacher professional development: Teaching science with blogs. *Contemporary issues in technology and teacher education*, 15(2), 161-200.
- Jen, T. H., Yeh, Y. F., Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Chen, K. M. (2016). Science teachers' TPACK-Practical: Standard-setting using an evidence-based approach. *Computers & Education*, 95, 45-62.
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers & Education*, 55(3), 1259-1269.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Juhler, M. V. (2016). The use of lesson study combined with content representation in the planning of physics lessons during field practice to develop pedagogical content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 533-553.
- Kafyulilo, A. C., Fisser, P., & Voogt, J. (2015). Supporting Teachers Learning Through the Collaborative Design of Technology-Enhanced Science Lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 26(8), 673-694.
- Kafyulilo, A., Fisser, P., & Voogt, J. (2016). Teacher design in teams as a professional development arrangement for developing technology integration knowledge and skills of science teachers in Tanzania. *Education and Information Technologies*, 21(2), 301-318.
- Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 631-645.
- Kim, M. C., Hannafin, M. J., & Bryan, L. A. (2007). Technology-enhanced inquiry tools in science education: An emerging pedagogical framework for classroom practice. *Science Education*, 91(6), 1010-1030.

- Kim, H. J., Miller, H. R., Herbert, B., Pedersen, S., & Loving, C. (2012). Using a wiki in a scientist-teacher professional learning community: Impact on teacher perception changes. *Journal of Science Education and Technology, 21*(4), 440-452.
- Kim, H. J., & Herbert, B. (2012). Inquiry resources collection as a boundary object supporting meaningful collaboration in a wiki-based scientist-teacher community. *Journal of Science Education and Technology, 21*(4), 504-512.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of educational computing research, 32*(2), 131-152.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education, 9*(1), 60-70.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In *Handbook of research on educational communications and technology*. New York, NY: Springer.
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Tsai, C. C. (2013). Examining practicing teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) pathways: A structural equation modeling approach. *Instructional Science, 41*(4), 793-809.
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2017). Teacher professional development for TPACK-21CL: Effects on teacher ICT integration and student outcomes. *Journal of Educational Computing Research, 55*(2), 172-196.
- Koh, J. H. L., & Chai, C. S. (2014). Teacher clusters and their perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) development through ICT lesson design. *Computers & Education, 70*, 222-232.
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2009). Experiential learning theory: A dynamic, holistic approach to management learning, education and development. *The SAGE handbook of management learning, education and development, 42*, 68.

- Lee, M. H., & Tsai, C. C. (2010). Exploring teachers' perceived self efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instructional Science*, 38(1), 1-21.
- Lehiste, P. (2015). The impact of a professional development program on in-service teacher's TPACK: A study from Estonia. *Problems of Education in the 21st Century*, 66, 18-28.
- Lertdechapat, K., & Faikhamta, C. (2021). Enhancing pedagogical content knowledge for STEM teaching of teacher candidates through lesson study. *International Journal for Lesson & Learning Studies*.
- Lewis, C. C., & Hurd, J. (2011). *Lesson study step by step: How teacher learning communities improve instruction*. Heinemann.
- Lin, T. C., Tsai, C. C., Chai, C. S., & Lee, M. H. (2013). Identifying science teachers' perceptions of technological pedagogical and content knowledge (TPACK). *Journal of Science Education and Technology*, 22(3), 325-336.
- Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). *Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Corwin Press.
- Manfra, M. M., & Bullock, D. K. (2013). Action research for educational communications and technology. In J. M. Spektor, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology*. New York: Springer Science & Business Media.
- McCrorry, R. A. V. E. N. (2008). Science, technology, and teaching: The topic-specific challenges of TPCK in science. *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*, 193-206.
- McNamee, M., Fleming, S., Shire, J., Jones, D., McNamee, M., & Pill, A. (2004). Continuing professional development: Suggestions for effective practice. *Journal of further and Higher Education*, 28(2), 165-177.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.

- Morsink, P. M., Hagerman, M. S., Heintz, A., Boyer, D. M., Harris, R., Kereluik, K., ... & Anderson, T. (2011). Professional development to support TPACK technology integration: The initial learning trajectories of thirteen fifth-and sixth-grade educators. *Journal of Education*, *191*(2), 3-16.
- Morgan, B., Holmes, G. E., & Bundy, C. E. (1963). *Methods in adult education. Interstate*. N.P.: n.p.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and teacher education*, *21*(5), 509-523.
- Niess, M., & Garofalo, J. (2006). Preparing teachers to teach mathematics with technology: key issues, concerns and research questions. *Technology & Teacher Education International Conference, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)*. N.P.: n.p.
- Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of educational computing research*, *44*(3), 299-317.
- Novak, A. M., & Krajcik, J. S. (2006). *Using technology to support inquiry in middle school science. In Scientific inquiry and nature of science*. Dordrecht: Springer.
- Pierson, M. E. (2001). Technology integration practice as a function of pedagogical expertise. *Journal of research on computing in education*, *33*(4), 413-430.
- Porrás-Hernández, L. H., & Salinas-Amescua, B. (2013). Strengthening TPACK: A broader notion of context and the use of teacher's narratives to reveal knowledge construction. *Journal of Educational Computing Research*, *48*(2), 223-244.
- Prawat, R. S., & Floden, R. E. (1994). Philosophical perspectives on constructivist views of learning. *Educational Psychologist*, *29*(1), 37-48.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently?. *On the horizon*, *9*(5), 1-6.
- Pringle, R. M., Dawson, K., & Ritzhaupt, A. D. (2015). Integrating science and technology: Using technological pedagogical content knowledge as a framework to study the practices of science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, *24*(5), 648-662.

- Renner, J. W., Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., & Marek, E. A. (1990). Understandings and misunderstandings of eighth graders of four physics concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Rinla, C., & Bongkotphet T. (2021, 7-9 July). "Examining Thai science teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) in opportunity expansion schools. In *The 8th International Conference for Science Educators and Teachers (ISET 2021)*. N.P.: n.p.
- Rodríguez-Becerra, J., Cáceres-Jensen, L., Díaz, T., Druker, S., Padilla, V. B., Perna, J., & Aksela, M. (2020). Developing technological pedagogical science knowledge through educational computational chemistry: a case study of pre-service chemistry teachers' perceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 638-654.
- Sanders, L. R., Borke, H., & Lockard, J. D. (1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 723-736.
- Shamburg, C. (2004). Conditions that inhibit the integration of technology for urban early childhood teachers. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2004(1), 227-244.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Sork, T. J. (1984). *The Workshop as a Unique Instructional Format*. New directions for continuing education.
- Stepanek, J., Appel, G., Leong, M., Mangan, M. T., & Mitchell, M. (2006). *Leading lesson study: A practical guide for teachers and facilitators*. Corwin Press.
- Stewart, R. A., & Brendefur, J. L. (2005). Fusing lesson study and authentic achievement: A model for teacher collaboration. *Phi Delta Kappan*, 86(9), 681-687.
- Srisawasdi, N. I. W. A. T. (2014). Developing technological pedagogical content knowledge in using computerized science laboratory environment: An arrangement for science teacher education program. *Research & Practice in Technology Enhanced Learning*, 9(1).

- Tanak, A. (2020). Designing TPACK-based course for preparing student teachers to teach science with technological pedagogical content knowledge. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 41(1), 53-59.
- Tasker, R., & Dalton, R. (2006). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 141–159.
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2005). Learning by design as an Approach for developing science teachers' ICT-related pedagogical content knowing. *International Models of Teacher (primary, secondary and tertiary) Professional Development*, 79-101.
- Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge—a review of the literature. *Journal of computer assisted learning*, 29(2), 109-121.
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Waight, N., & Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of technology: Implications for design, development, and enactment of technological tools in school science classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2875-2905.
- Yeh, Y. F., Hsu, Y. S., Wu, H. K., Hwang, F. K., & Lin, T. C. (2014). Developing and validating technological pedagogical content knowledge-practical (TPACK-practical) through the Delphi survey technique. *British Journal of Educational Technology*, 45(4), 707-722.
- Yeh, Y. F., Lin, T. C., Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Hwang, F. K. (2015). Science teachers' proficiency levels and patterns of TPACK in a practical context. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 78-90.
- Zepeda, S. J. (2014). *Job-embedded professional development: Support, collaboration, and learning in schools*. Routledge.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.นำพล อินสิน
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ ลีพรเจริญวงศ์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิดา จำรัส
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

คำชี้แจง

ให้ท่านอ่านคำตอบของผู้เรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีแล้วพิจารณาว่าคำตอบในแต่ละข้อถูกหรือผิด โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องว่าง ในกรณีที่ท่านเห็นว่าคำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้อง ให้ท่านเขียนคำตอบที่ถูกต้องในช่องว่างที่กำหนด

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
1	เมื่อสารมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ สี และมวล แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้น		
	คำตอบที่ถูกต้อง		
2	ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวนหรือชนิดของอะตอมอาจจะเปลี่ยนแปลงไป		
	คำตอบที่ถูกต้อง		
3	สมการเคมีที่ประกอบด้วย $3N_2$ สามารถแสดงได้เป็น NNNNNN		
	คำตอบที่ถูกต้อง		
4	ตัวห้อยในสูตรโมเลกุลคือจำนวนที่ใช้ในการดุลสมการเคมีและไม่ได้แสดงถึงการรวมกันของอะตอม		
	คำตอบที่ถูกต้อง		

แบบวัดความรู้ในเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาเคมีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ข้อที่	คำตอบของนักเรียน	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
5	ผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเคมีไม่จำเป็นต้องมีมวลเท่ากับสารตั้งต้น		
	คำตอบที่ถูกต้อง		
6	ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี มวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยาเคมีอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง		
	คำตอบที่ถูกต้อง		
7	การเผาไหม้เป็นการดูดความร้อนเนื่องจากต้องการความร้อนในการเริ่มต้นปฏิกิริยา		
	คำตอบที่ถูกต้อง		
8	เมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนแปลง แสดงว่ามีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น		
	คำตอบที่ถูกต้อง		
9	ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส สารละลายที่ได้จะมีสมบัติเป็นกลางเท่านั้น		
	คำตอบที่ถูกต้อง		
10	การเผาไหม้เชื้อเพลิงใด ๆ ก็ตาม จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเสมอ		
	คำตอบที่ถูกต้อง		

แบบสัมภาษณ์ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

คำชี้แจง

แบบสัมภาษณ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการรับรู้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในจังหวัดชัยภูมิ

โครงสร้างแบบสัมภาษณ์

แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้แบ่งเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์

ตอนที่ 2 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 7 หัวข้อ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา 2) ความรู้ในวิธีสอน 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 4) ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี 5) ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี 6) ความรู้ในวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี 7) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ข้อความที่สอดคล้องกับข้อมูลของท่านในปัจจุบัน

1. เพศ ชาย หญิง
2. ระดับการศึกษา อนุปริญญา หลักสูตร..... สาขาวิชา.....คณะ.....
 ปริญญาตรี หลักสูตร..... สาขาวิชา.....คณะ.....
 ปริญญาโท หลักสูตร..... สาขาวิชา.....คณะ.....
 ปริญญาเอก หลักสูตร..... สาขาวิชา.....คณะ.....
3. ตำแหน่ง ครูผู้ช่วย ครู คศ.1 ครู คศ.2 (ครูชำนาญการ)
 ครู คศ.3 (ครูชำนาญการพิเศษ) ครู คศ.4 (ครูเชี่ยวชาญ)
4. ประสบการณ์สอน น้อยกว่า 1 ปี 1-5 ปี 6-10 ปี 11-20 ปี
 21-30 ปี 31-40 ปี มากกว่า 40 ปี
5. สอนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 มัธยมศึกษาปีที่ 2 มัธยมศึกษาปีที่ 3
6. ภาระงาน
7. ท่านมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีอยู่ในระดับใด.....
 ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด 4 หมายถึง มาก ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง 2 หมายถึง น้อย 1
 หมายถึง น้อยที่สุด
 เพราะเหตุใด

ตอนที่ 2 ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี

1. ท่านรู้จักวิธีสอนใดบ้าง ให้ยกตัวอย่าง และอธิบายขั้นตอนโดยสังเขป
2. ท่านเคยใช้วิธีสอนใดบ้าง
3. วิธีสอนที่ท่านกล่าวมาเหมาะกับการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ใดบ้าง
4. เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ท่านได้กล่าวมา เลือกมา 1 เรื่องและอธิบายแนวคิดสำคัญ
5. ท่านรู้จักเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนอะไรบ้าง
6. ท่านใช้เทคโนโลยีสำหรับการเรียนการสอนอย่างไร
7. ท่านใช้เทคโนโลยีกับวิธีสอนใดบ้าง ยกตัวอย่างเทคโนโลยีที่ใช้กับวิธีสอนนั้น
8. เพราะเหตุใดท่านจึงใช้เทคโนโลยีกับวิธีสอนดังกล่าว
9. ท่านใช้เทคโนโลยีกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ใดบ้าง
ยกตัวอย่างเทคโนโลยีที่ใช้กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์นั้น
10. เพราะเหตุใดท่านจึงใช้เทคโนโลยีกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ดังกล่าว
11. ให้ท่านยกตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีมา 1 เรื่อง
และอธิบายประเด็นต่อไปนี้
 - แนวคิดสำคัญ
 - วิธีสอนที่ใช้
 - สื่อเทคโนโลยีที่ใช้
 - ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
 - การประเมินผลการเรียนรู้

แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์
ครั้งที่.....

แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นที่สอน.....
หน่วยการเรียนรู้ที่สอน..... เรื่องที่สอน.....
ชื่อครูผู้สอน.....
ชื่อผู้วิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้.....

คำชี้แจง

แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้นี้เป็นการพิจารณาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา ประกอบด้วยการพิจารณา 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

ให้ท่านวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ของครูวิทยาศาสตร์ตามประเด็นที่กำหนดในตาราง พิจารณาถึงสิ่งที่วิเคราะห์ สิ่งที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ หลักฐานบ่งชี้ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้พร้อมทั้งเขียนการตีความ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ด้านการออกแบบการจัดการเรียนรู้และการประเมินผล

ให้ท่านวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ของครูวิทยาศาสตร์ตามประเด็นที่กำหนดในตาราง

แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนรู้

ลำดับ ที่	กิจกรรมการเรียนรู้/การประเมินผลการเรียนรู้	องค์ประกอบ TPACK	หลักฐาน	การตีความ
			
			
			

**แบบบันทึกข้อมูลการสังเกตการปฏิบัติการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา
ครั้งที่**

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของการสังเกต

1. ชื่อครูผู้สอน.....
2. ระดับชั้นที่สอน..... วิชาที่สอน.....
3. เรื่องที่สอน.....
4. จำนวนนักเรียน.....คน นักเรียนชาย.....คน นักเรียนหญิง.....คน
5. วันที่สังเกต..... เวลา..... ถึง.....
6. ชื่อผู้สังเกต.....

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับบริบทของการจัดการเรียนการสอน

1. ครูผู้สอน (บุคลิก ลักษณะ เจตคติต่อการสอน สังเกตจากการพูดคุยก่อนการสอนหรือสังเกตระหว่างการสอน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สภาพห้องเรียนและบรรยากาศการเรียนการสอน

(สภาพและบรรยากาศการเรียนการเรียนรู้ การจัดห้อง โต๊ะ เก้าอี้ อุปกรณ์เทคโนโลยี กลุ่มนักเรียน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการสังเกตการปฏิบัติการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ลำดับ ที่	เวลา	ผลการสังเกต	องค์ประกอบ TPACK	หลักฐาน	การตีความ
				
				
				

แบบสะท้อนการปฏิบัติการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา
ตอนต้น

คำชี้แจง

ให้ท่านตอบคำถามต่อไปนี้ โดยอธิบายรายละเอียดให้ชัดเจน

1. ในการสอนครั้งนี้ คุณในฐานะที่เป็นผู้สอน หรือ ผู้สังเกตการสอน คุณหรือเพื่อนของคุณสามารถนำเสนอแนวคิดได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร
2. ในการสอนด้านเนื้อหาครั้งนี้มีการนำเสนอเนื้อหาที่ผิดหรือคลาดเคลื่อนหรือไม่ อย่างไร
3. คุณคิดว่าวิธีสอนที่เลือกใช้กับเนื้อหาที่สอนเกิดผลอย่างไร
4. วิธีสอนที่เลือกใช้กับเนื้อหาที่สอนเกิดปัญหาใด ควรปรับปรุงอะไรบ้าง และควรปรับปรุงอย่างไร
5. คุณคิดว่าเทคโนโลยีที่เลือกใช้กับวิธีสอนเกิดผลอย่างไร
6. เทคโนโลยีที่เลือกใช้กับวิธีสอนเกิดปัญหาใด ควรปรับปรุงอะไรบ้าง และควรปรับปรุงอย่างไร
7. คุณคิดว่าเทคโนโลยีที่เลือกใช้กับเนื้อหาเกิดผลอย่างไร
8. เทคโนโลยีที่เลือกใช้กับเนื้อหาเกิดปัญหาใด ควรปรับปรุงอะไรบ้าง และควรปรับปรุงอย่างไร
9. คุณคิดว่าเทคโนโลยีที่เลือกใช้กับวิธีสอนและเนื้อหาวิทยาศาสตร์เกิดผลอย่างไร
10. เทคโนโลยีที่เลือกใช้กับวิธีสอนและเนื้อหาวิทยาศาสตร์เกิดปัญหาใด ควรปรับปรุงอะไรบ้าง และควรปรับปรุงอย่างไร

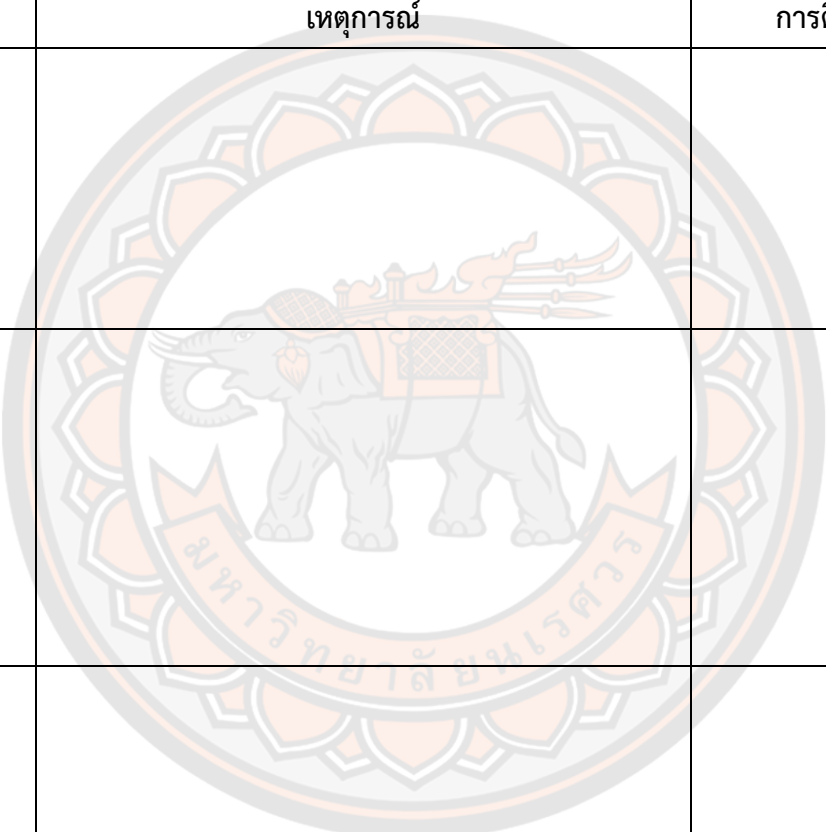
แบบบันทึกภาคสนาม

ผู้บันทึก.....

วันที่.....

กิจกรรม.....

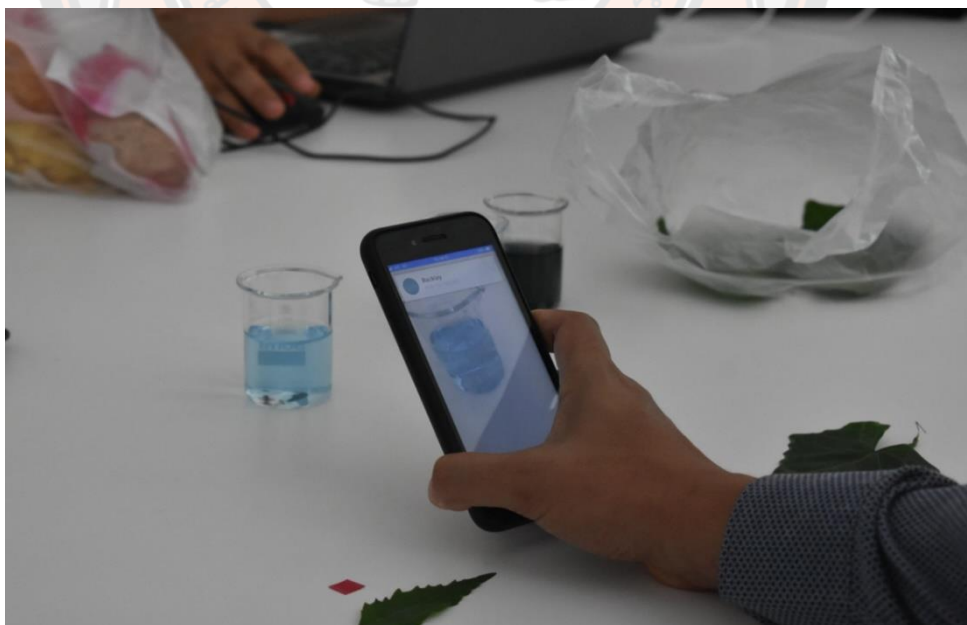
สถานที่.....

เวลา	เหตุการณ์	การตีความ
		

ภาคผนวก ค ภาพตัวอย่างบางส่วนระหว่างดำเนินการวิจัย



ภาพ 66 การประชุมเชิงปฏิบัติการ“การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น”



ภาพ 67 การประชุมเชิงปฏิบัติการ“การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น”



ภาพ 68 การจัดการเรียนการสอนบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีโดยบูรณาการเทคโนโลยี



ภาพ 69 การจัดการเรียนการสอนบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีโดยบูรณาการเทคโนโลยี



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล โชติกุล รินลา
วัน เดือน ปี เกิด
ที่อยู่ปัจจุบัน
ที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนชัยใหญ่วิทยาคม อำเภอชัยใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ 36130
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ข้าราชการครู ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ชำนาญการ วิชาเอกเคมี
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2560 ค.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์-เคมี)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2557 กศ.บ. (วิทยาศาสตร์-เคมี)
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

